



**Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

transformar



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

Generalidades de la Fabricación  
del Acero en Ternium

Capítulo 1. Minería

Capítulo 2. Fabricación de Pellas

Capítulo 3. Reducción del Mineral de Hierro

Capítulo 4. Aceración y Solidificación

Capítulo 5. Laminación de Productos Planos

Capítulo 6. Revestidos

Capítulo 7. Customizados

Capítulo 8. Laminación de Productos Largos

## Generalidades de la Fabricación del Acero en Ternium

### Objetivo

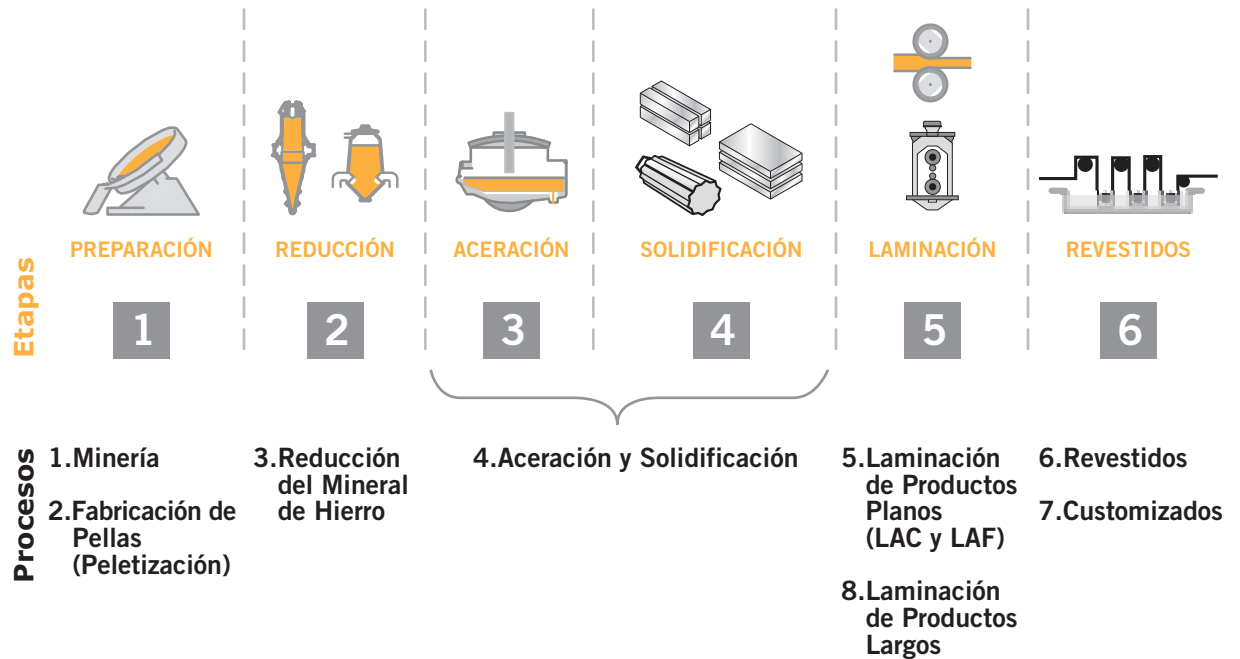
Al finalizar esta sección el participante estará en capacidad de Identificar las diferentes etapas en la fabricación del acero en Ternium, así como los productos obtenidos en cada una de ellas.

Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en esta sección son los siguientes:
<b>2</b>	<b>1. La Fabricación del Acero y sus Principales Procesos</b>
<b>3</b>	<b>2. Flujo del Proceso de Fabricación del Acero en Ternium</b>
3	2.1 Fabricación de Planchones, Palanquillas y Lingotes
4	2.2 Laminación de Productos Planos
5	2.3 Laminación de Productos Largos
<b>6</b>	<b>3. Flujo del Proceso de Fabricación del Acero en Ternium</b>
6	3.1 Productos Semielaborados
7	3.2 Productos Terminados
7	3.2.1 Productos Planos
8	3.2.2 Productos Revestidos
9	3.3.3 Productos Largos
10	3.4 Customizado de Productos Terminados
10	3.4.1 Productos Conformados
11	3.4.2 Servicios de Corte
12	3.4.3 Tubería

## 1 La Fabricación del Acero y sus Principales Procesos

En Ternium, el proceso de fabricación del acero consta de seis etapas principales, de las cuales se desprenden ocho procesos.

El siguiente esquema muestra las etapas y sus respectivos procesos:



## 2 Flujo del Proceso de Fabricación del Acero en Ternium

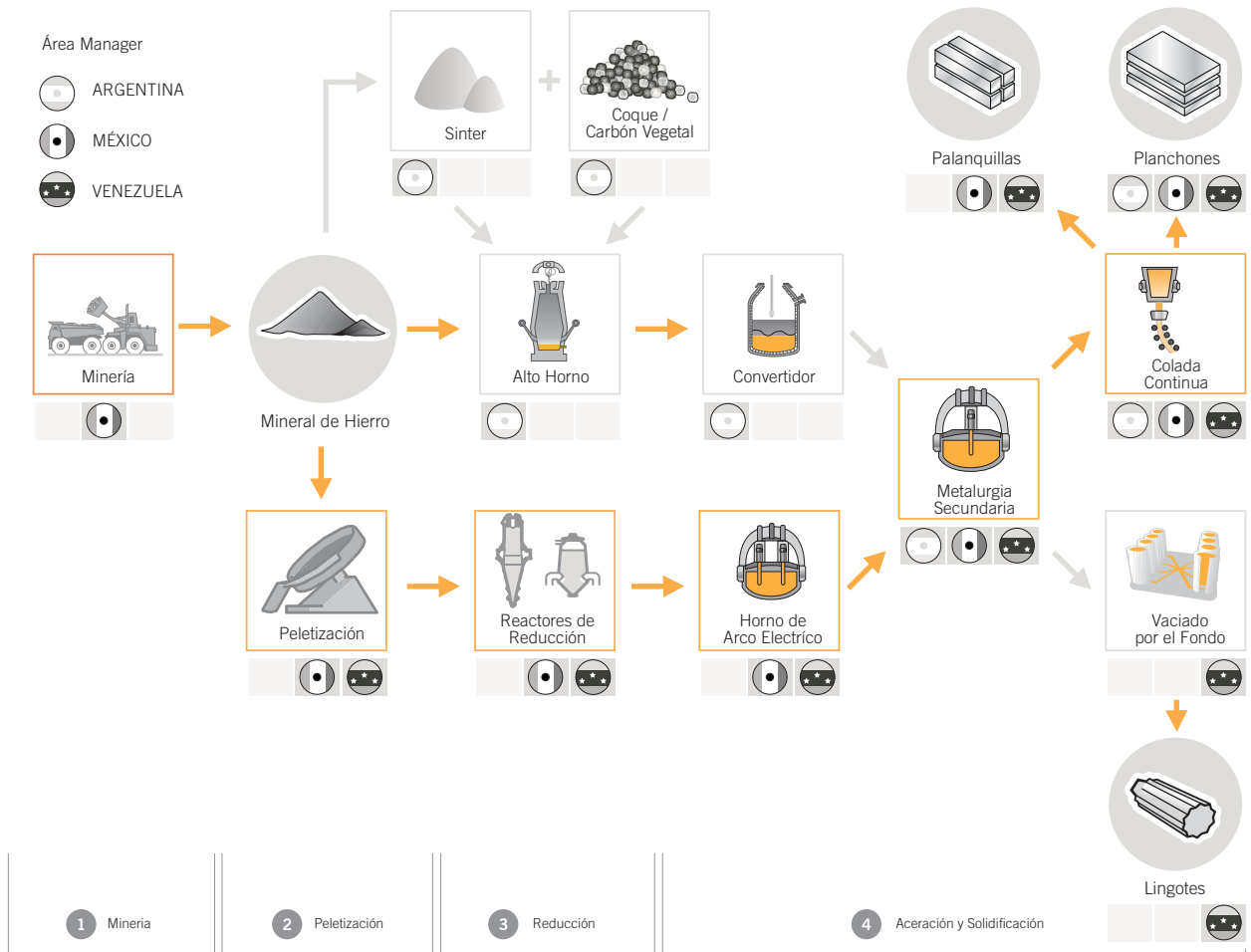
Los procesos productivos de Ternium se clasifican en tres categorías dependiendo el tipo de producto final a fabricar:

- Fabricación de Planchones, Palanquillas y Lingotes
- Laminación de Productos Planos
- Laminación de Productos Largos

A continuación, se muestra el flujo de los procesos en cada una de las categorías:

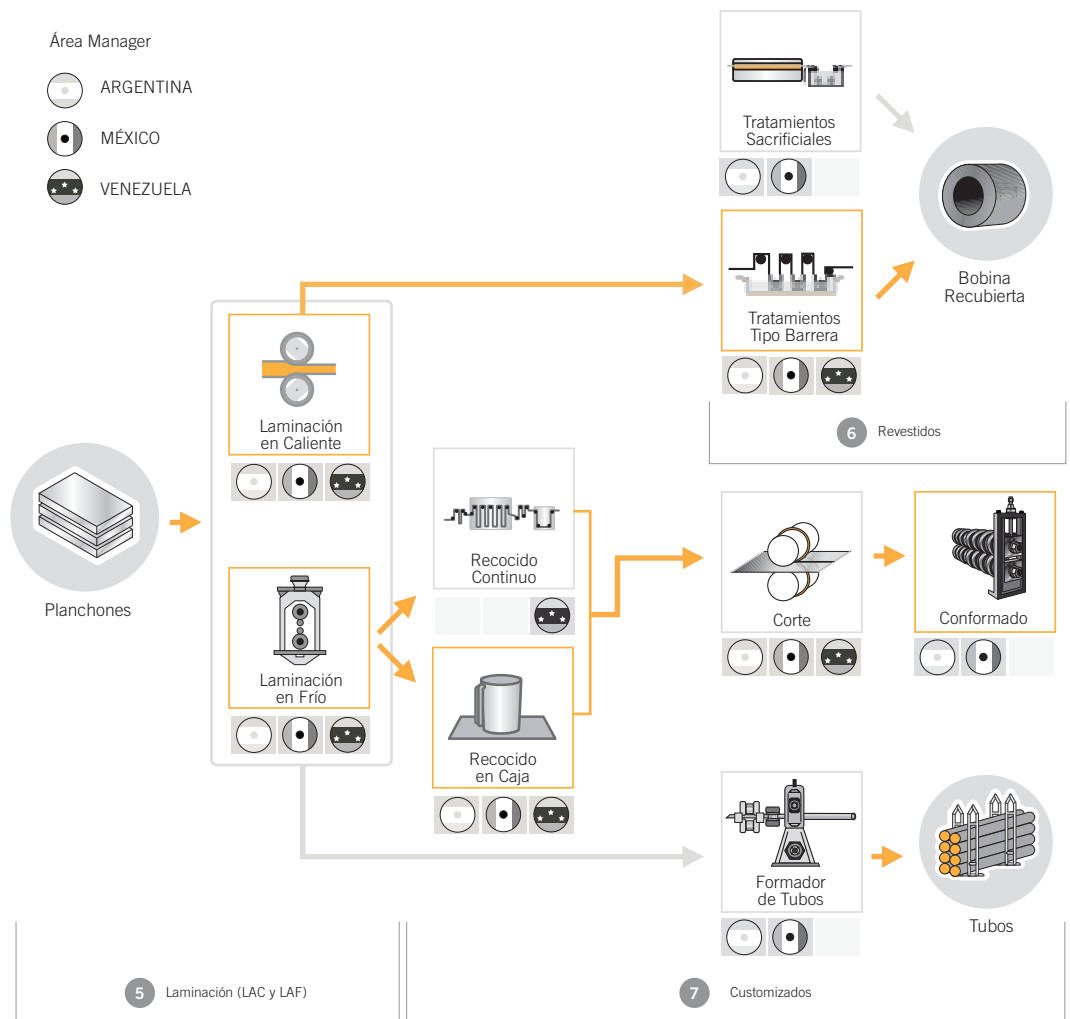
### 2.1 Fabricación de Planchones, Palanquillas y Lingotes

El esquema siguiente muestra los procesos que se llevan a cabo para la obtención de planchones, palanquillas y lingotes, además de las Áreas Manager en las que se realizan.



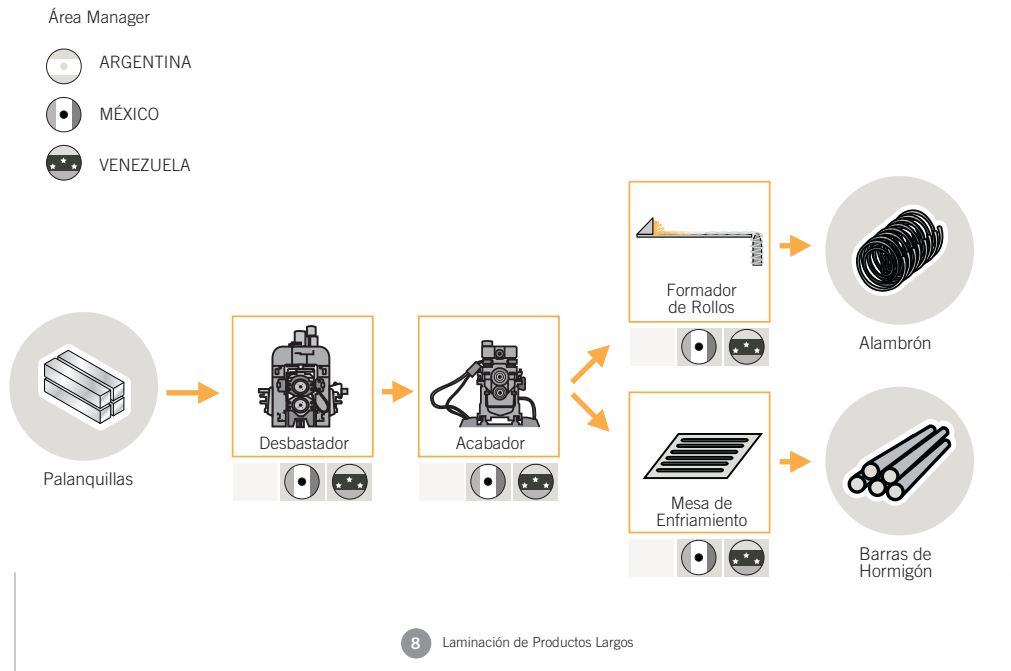
## 2.2 Laminación de Productos Planos

El esquema siguiente muestra los procesos que se llevan a cabo en la fabricación de productos que se obtienen a partir de acero laminado o “plano”. Además se muestran las Áreas Manager en las que se realizan.



### 2.3 Laminación de Productos Largos

El esquema siguiente muestra los procesos en la fabricación de productos de características alargadas. Además se muestran las Áreas Manager en las que se realizan.



### 3 Catálogo de Productos de Ternium

Ternium elabora Productos Planos y Largos tanto semielaborados<sup>1</sup> como terminados<sup>2</sup> de acuerdo con las últimas versiones de las normas internacionales (ASTM, JIS, DIN, SAE, entre otras), en cuanto a dimensiones, tolerancias, requerimientos de micro limpieza y composición química. Los productos que elabora se clasifican en semielaborados y terminados y se presentan a continuación.

#### 3.1 Productos Semielaborados

Los productos Semielaborados son materiales solidificados en formas aptas para su procesamiento posterior en los trenes de laminación, destinados a la fabricación de productos planos, largos o tubos.

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Planchones</b>	Productos semiterminados de acero, de sección rectangular, obtenidos por procesos de Colada Continua para su aplicación en trenes de laminación, en la producción de chapa laminada en caliente.	Argentina Venezuela	
<b>Palanquillas</b>	Productos semielaborados de sección transversal cuadrada maciza provenientes de procesos de solidificación por colada continua. Se utilizan como materia prima en procesos de laminación en caliente de productos largos.	México Venezuela	
<b>Lingotes</b>	Producto Semielaborado, fabricado por el proceso de vaciado por el fondo, de sección poligonal. Son laminados como tubos sin costura para la industria petrolera y para obtener bridas o elementos de tubería.	Venezuela	

<sup>1</sup> Productos Semielaborados: Son productos provenientes del proceso de solidificación (Colada Continua) y se utilizan como materia prima en procesos de deformación mecánica en caliente (Laminación en Caliente) de sección transversal rectangular o cuadrada. De esta categoría se producen:

<sup>2</sup> Productos Terminados: Son productos de sección transversal maciza provenientes de procesos de deformación mecánica en caliente y/o en frío, se clasifican en productos largos y productos planos.





### 3.2 Productos Terminados

Si bien los productos semielaborados se venden a clientes en forma directa, Ternium continúa agregando valor, elaborando productos planos, conformados, tubos y perfiles provenientes de los planchones y productos largos, barras y alambón a partir de las palanquillas.

#### 3.2.1 Productos Planos

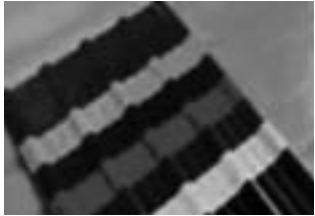


Son productos de sección transversal rectangular maciza, cuyo ancho es muy superior al espesor. Pueden presentarse enrollados en espiras superpuestas o sin enrollar (láminas u hojas).

Producto	Definición	Tipos	Área Manager	Fotografía
<b>Laminados en Caliente</b>	Productos elaborados a través de un proceso termomecánico que implica la deformación del acero en desbastes a altas temperaturas. Satisfacen los requerimientos de las más diversas industrias como las de construcción, tubería API, maquinaria agrícola, recipientes a presión, y auto partes. Ternium provee bobinas negras, bobinas decapadas y productos ultra delgados.	Negro Decapado	Argentina México Venezuela	
<b>Laminados en Frío</b>	Las chapas laminadas en caliente son sometidas a un proceso de laminación en frío donde se obtiene la reducción de su espesor, una mayor aptitud al conformado y un mejor aspecto superficial, apto para una amplia gama de aplicaciones.	Crudo (Full Hard) Recocido Hoja Negra en Frío (Black Plate)	Argentina México Venezuela	

### 3.2.2 Productos Revestidos



Productos de acero recubiertos con otro material (zinc, estaño, cromo u películas orgánicas), principalmente para incrementar su resistencia a la corrosión.

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Galvanizado</b>	Chapa laminada en caliente o frío revestida en ambas caras con una capa de zinc, por el proceso de inmersión en un baño de metal fundido, para mejorar su resistencia a la corrosión.	Argentina México	
<b>Galvanneal</b>	Producto de acero revestido con aleación zinc-hierro, por el proceso de inmersión en caliente y posterior tratamiento térmico de recocido. El Galvannealed presenta un contenido de hierro en el recubrimiento de alrededor del 10% que le brinda una mejor soldabilidad para su aplicación, principalmente, en la industria automotriz.	México	
<b>Cinalum - Galvalume®</b>	Productos de acero revestidos por el proceso de inmersión en caliente con una aleación de 55% de aluminio y zinc, con elevada resistencia a la corrosión. El revestimiento de Aluminio/Zinc ofrece una combinación de efecto barrera y protección galvánica que mejora su performance en aplicaciones de la construcción tanto en ambientes rurales como industriales y marinos.	Argentina México	
<b>Electrocincado</b>	Laminados en frío recubiertos con una delgada capa de zinc aplicada por electro deposición, en una o ambas caras, con la finalidad de incrementar la resistencia a la corrosión. Estos productos son ampliamente utilizados por la industria automotriz y la industria de artículos del hogar.	Argentina	

<b>Prepintado</b>	Producto de acero recubierto de pintura en líneas continuas, en una o ambas caras, con elevada resistencia a la corrosión y amplias posibilidades estéticas, lo que lo hacen ideal para su aplicación en las industrias de la construcción, artículos del hogar, cámaras frigoríficas, etc. Combina la elevada resistencia del acero con la diversidad de colores de las pinturas.	México Argentina	
<b>Hojalata</b>	Acero de bajo carbono, laminado en frío a espesores finos, recubiertos con una capa de estaño aplicada mediante un proceso electrolítico para su uso en la fabricación de envases, principalmente para la industria alimenticia.	Argentina Venezuela	
<b>Hoja Cromada</b>	Acero de bajo carbono, laminado en frío a espesores finos, recubiertos con una capa de cromo aplicada mediante un proceso electrolítico para su uso en la industria de envases.	Venezuela	

### 3.3.3 Productos Largos

Son productos de sección transversal regular y maciza, obtenidos por laminación en caliente de palanquillas. Su sección es circular y la superficie lisa o con resaltos. Pueden presentarse en forma de rollos o rectos.

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Varillas</b>	Productos que se utilizan como refuerzo de concreto. Su superficie está provista de rebordes (corrugaciones) que inhiben el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.	México Venezuela	
<b>Alambrón</b>	Es el producto de menor sección transversal circular y de superficie lisa, obtenido por la laminación en caliente de palanquillas. Destinado a procesos de trefilación o deformación en frío. Usado también para fabricar alambre y mallas electro soldadas.	México Venezuela	

### 3.4 Customizado de Productos Terminados

A partir de productos planos y revestidos, Ternium fabrica productos con características muy particulares y específicas en el área denominada Customizados.

Los procesos que se llevan a cabo en el área de Customizado son:

- Conformados
- Corte
- Tubería

#### 3.4.1 Productos Conformados

Los productos elaborados en el área de Customizado son:

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Paneles Aislados</b>	Panel fabricado en línea continua formado por 2 caras de lámina prepintada y aislada con espuma de poliuretano. Sus características aislantes y su exclusiva unión de traslape panel-panel reducen los tiempos de instalación ya que elimina el uso de tapajuntas y accesorios adicionales evitando posibles filtraciones. Los distintos perfiles y acabados (lámina-lámina, lámina-vinil), se aplican en cubiertas y fachadas de naves industriales, centros comerciales, instalaciones avícolas y porcinas, almacenes de granos y semillas e instalaciones de refrigeración comercial e industrial.	México	
<b>Cubiertas</b>	Productos conformados por roll-forming en perfiles sinusoidales, trapezoidales y estancos, a partir de aceros revestidos galvanizado, galval o cincalum y prepintado, utilizados principalmente para techados y laterales de edificios en todo tipo de construcciones.	Argentina México	
<b>Tejas Metálicas</b>	Producto fabricado en lámina de acero galvanizada y pintada. Ofrece principalmente las ventajas de ser más ligera, resistente, impermeable y de rápida instalación respecto a los sistemas similares. De apariencia similar a la de la teja tradicional, pero con la durabilidad del acero recubierto.	México	

**Entrepiso  
Metálico**

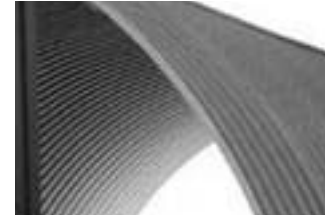
Sistema de entrepisos acero estructural galvanizado para edificaciones rápidas y modernas. Optimiza el tiempo de construcción al eliminar el uso de cimbra (encofrado) tradicional, ya que permite coladas simultáneas de entrepiso y azoteas, con significativos ahorros de tiempo y dinero en obra.

México



**Sistemas  
Constructivos**

Sistema de fabricación en obra para cubiertas del tipo auto soportantes y de forma semicircular. Permite cubrir grandes claros sin estructura intermedia de soporte ofreciendo una excelente amplitud. Este producto está enfocado al mercado industrial, comercial y de la construcción. Aplicación típica en hangares, bodegas, mercados, gimnasios, centros comerciales, estaciones de servicio y de transporte.

México

**3.4.2 Servicios de Corte**

Los servicios de corte que provee Ternium son:

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Corte Longitudinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Líneas de Corte Longitudinal para cintas.</li> <li>■ Gráficas de calibre del rollo cortado.</li> <li>■ Niveladora de cintas para corrección de planeza del material.</li> <li>■ Empaque.</li> </ul>	Argentina México	
<b>Corte Transversal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Líneas de Corte Transversal para hojas.</li> <li>■ Nivelación (corrección de planeza).</li> <li>■ Empaque.</li> </ul>	Argentina México Venezuela	

### 3.4.3 Tubería


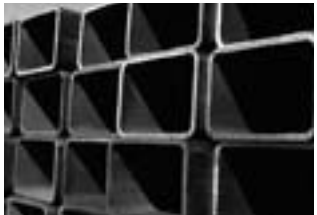
En las áreas denominadas de Tubería se obtienen un gran número de productos clasificados en:



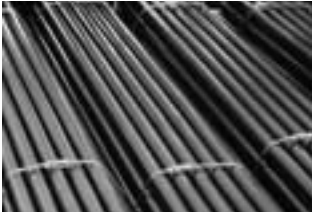
- Tubos con Costura
- Perfiles

A continuación se describen los productos pertenecientes a cada clasificación:

#### A) Tubos con Costura

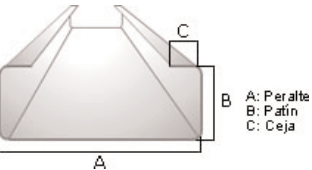
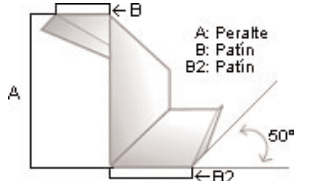
En Ternium, se les llama Tubos con Costura a los tubos de acero soldados por resistencia eléctrica. Ternium provee:

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Tubos de Uso General</b>	Tubos de aplicación en las industrias automotriz y de auto partes, bicicletas y juegos infantiles, muebles, artículos del hogar, equipo hospitalario, postes para malla ciclónica, señalizaciones viales, implementos avícolas y ganaderos, entre otros. Estos tubos se presentan sin recubrimiento protector contra la corrosión (negro) o galvanizados.	Argentina México	
<b>Tubos Estructurales</b>	Tubos de alta calidad multipropósitos, recomendado para estructuras con necesidades específicas de esfuerzos mecánicos. Aplicaciones típicas en andamios, pasamanos, defensas, postes, corrales.	Argentina México	
<b>Tubos de Conducción</b>	Se ofrecen sin recubrimiento protector contra la corrosión (negro) o galvanizados para su aplicación típica en tuberías de conducción de agua, aire, gas y fluidos especiales.	México	

<b>Tubos de Conducción Eléctrica (Conduit)</b>	Tubos con costura de acero al carbono de sección circular, con cuplas roscadas, conformados en frío a partir de chapa laminada en frío o en caliente. Estos tubos se utilizan para conducción de cables en instalaciones eléctricas embutidas o exteriores bajo techo.	México	
<b>Tubos Petroleros</b>	Tubería de hasta 6 mm de espesor, en diámetros interiores nominales de 2 3/8" hasta 4 1/2", diseñada especialmente para las aplicaciones de conducción de petróleo o fluidos de alta presión.	México	
<b>Tubos de Uso Mecánico</b>	Tubos destinados a diferentes aplicaciones mecánicas como piezas ensambladas para maquinaria agrícola y equipamiento industrial.	Argentina	

**B) Perfiles**

Los Perfiles, son productos de sección abierta obtenidos por conformado en frío de aceros planos.

Producto	Definición	Área Manager	Fotografía
<b>Perfil (Polín) C</b>	Perfiles abiertos en forma de "C" fabricados con aceros estructurales, utilizados para marcos de aberturas, pilares de soporte, travesaños y otros elementos de estructuras.	Argentina México	
<b>Perfil (Polín) Z</b>	Perfiles abiertos en forma de "Z" fabricados con aceros estructurales, utilizados para marcos de aberturas, pilares de soporte, travesaños y otros elementos de estructuras.	México	

**Perfil Tubular** Perfiles con diferentes formas que sirven como soporte, guías y travesaños para la instalación de ventanas, puertas, marcos o tableros.

México



GV-101

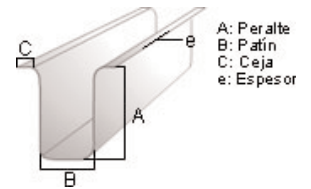
**Perfil (Polín) U** Perfiles abiertos en forma de "U" fabricados con aceros estructurales, utilizados para marcos de aberturas, pilares de soporte, travesaños y otros elementos de estructuras.

Argentina



**Perfil (Polín) Galera** Perfiles abiertos en forma de "sombrero" fabricados con aceros estructurales, utilizados para marcos de aberturas, pilares de soporte, travesaños y otros elementos de estructuras.

Argentina







## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

### 1. Minería

## Capítulo 1. Minería

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar el proceso de Minería en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

### Pag

### Contenido

Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:

2	<b>I. Generalidades</b>
2	I.i La Minería en la Fabricación del Acero
2	I.ii Definición de Minería
3	I.iii Tipos de Minas
4	I.iv Ubicación y Capacidad
4	I.v Secuencia de Operaciones
5	I.vi Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

## I Generalidades

### I.i La Minería en la Fabricación del Acero

La producción del acero inicia con la extracción del mineral de hierro de las minas. La Minería es un proceso que forma parte de la etapa de Preparación de la Materia Prima en la Fabricación del Acero.



### I.ii Definición de Minería

La minería corresponde a la actividad económica relacionada con la extracción de elementos y minerales de los cuales se puede obtener un beneficio económico.

Dependiendo del tipo de material a extraer y beneficiar, los minerales se dividen en metálicos y no metálicos<sup>1</sup>.

- **Minerales Metálicos:** Tienen brillo propio y son buenos conductores de calor y electricidad.

Los elementos o minerales que se extraen comúnmente, de acuerdo a su clasificación extractiva son: Aluminio(Al) de la bauxita, Hierro (Fe) de la hematita y magnetita, Oro (Au), Plata (Ag), Titanio (Ti), Plomo (Pb) de la galena, la blenda, Cobre (Cu) de la calcopirita y de la bornita, Platino (Pt), Uranio (U), Manganeseo (Mn), Magnesio (Mg), Níquel (Ni) y el Zinc (Zn).

Los Minerales Metálicos en su estado natural, se encuentran mezclados entre sí y para separarlos se recurre a una serie de procedimientos mecánicos y químicos que permiten pasar del mineral al metal bruto y del metal bruto al metal afinado o puro.

<sup>1</sup> Los minerales no metálicos no tienen brillo propio ni conducen electricidad. Los elementos o minerales que se extraen comúnmente son: el carbón, los diamantes, el fosfato, la sal, el boro y el azufre.

- **Minerales No Metálicos:** No tienen brillo propio ni conducen electricidad. Los elementos o minerales que se extraen comúnmente son: Carbón (C), diamantes, fosfatos, sales, Boro (B) y Azufre (S).

Otros materiales altamente útiles para la industria minera son la arcilla, la arena, la ceniza, la grava, el granito y la piedra caliza. La minería en un sentido más amplio también puede incluir la extracción de petróleo y gas natural.

### I.iii Tipos de Minas

Existen dos tipos de minas por los cuales se puede llevar a cabo la extracción del mineral de hierro:



El mineral de hierro de Ternium Argentina proviene de las minas ubicadas en Brasil (CVRD o SAMARCO), el mineral de Ternium Venezuela proviene de CVG Ferrominera. Ternium México cuenta con minas propias de donde se extrae el mineral de hierro, estas minas son parte de dos empresas:

1. Las Encinas tiene dos minas a cielo abierto y una mina subterránea.
2. Peña Colorada cuenta con una mina a cielo abierto.

#### I.iv Ubicación y Capacidad

Las minas que son propiedad de Ternium tienen la siguiente capacidad de producción:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
<b>México</b>	Las Encinas cuenta con tres minas ubicadas en los estados de: Colima, Michoacán y Jalisco.	Las minas de las Encinas producen 3654 Mton/año de mineral preconcentrado.
	Peña Colorada cuenta con 1 mina ubicada en el estado de Colima.	La mina Peña Colorada tiene una capacidad de producción de 8621 Mton/año de mineral preconcentrado.

#### I.v Secuencia de Operaciones

En general, las actividades principales para la explotación de una mina son:

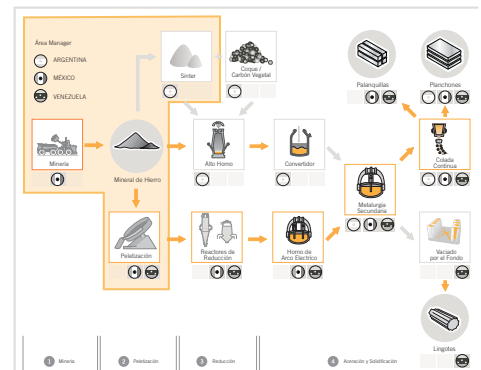
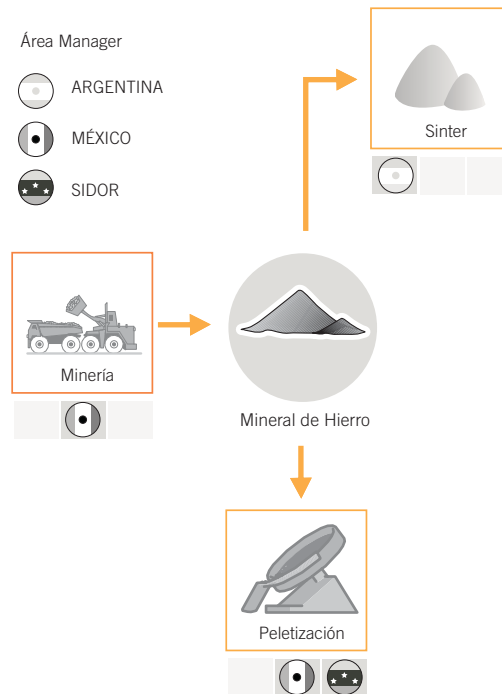
1. Barrenación
2. Voladura
3. Trituración
4. Carga y Acarreo
5. Concentración y Filtrado
6. Transporte

Una vez obtenido el mineral de hierro, dependiendo de su grado de impurezas (fósforo y azufre) y de su tamaño, es acondicionado para las etapas posteriores de reducción a través de los siguientes procesos de aglomeración:

- La sinterización que consiste en aportar calor a los finos de mineral de hierro, generando una fusión parcial del material, formando así un producto poroso llamado Sinter el cual es utilizado en Ternium Argentina en el proceso de Reducción del Mineral (Alto Horno).
- La peletización que consiste en la mezcla del mineral finamente molido con aditivos y aglomerantes, para darles forma esférica (Pellas Verdes) los cuales son endurecidos por cocción en hornos rotatorios (hornos de piroconsolidación).

### I.vi Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

El diagrama siguiente muestra los procesos de la etapa de Preparación de la Materia Prima y las Áreas Manager donde se realizan:





## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

2. Fabricación de Pellas

## Capítulo 2. Fabricación de Pellas

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar las diferentes etapas del proceso de Fabricación de Pellas en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>2</b>	<b>I. Generalidades</b>
2	I.i La Fabricación de Pellas en el proceso de Fabricación del Acero
3	I.ii Definición de Fabricación de Pellas
4	I.iii Ubicación y Capacidad
4	I.iv Secuencia de Operaciones
5	I.v Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

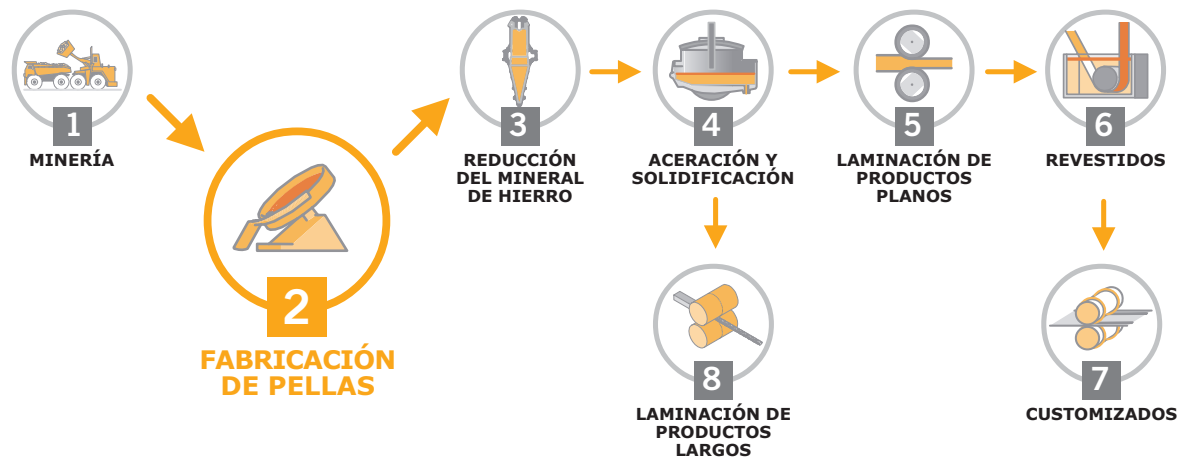


## I Generalidades

### I.i La Fabricación de Pellas en el proceso de Fabricación del Acero

Debido a que la calidad del mineral de hierro en su forma natural es de bajo contenido de hierro como para ser procesado en la reducción, es importante beneficiarlo. Este beneficio, es logrado con el proceso de Fabricación de Pellas.

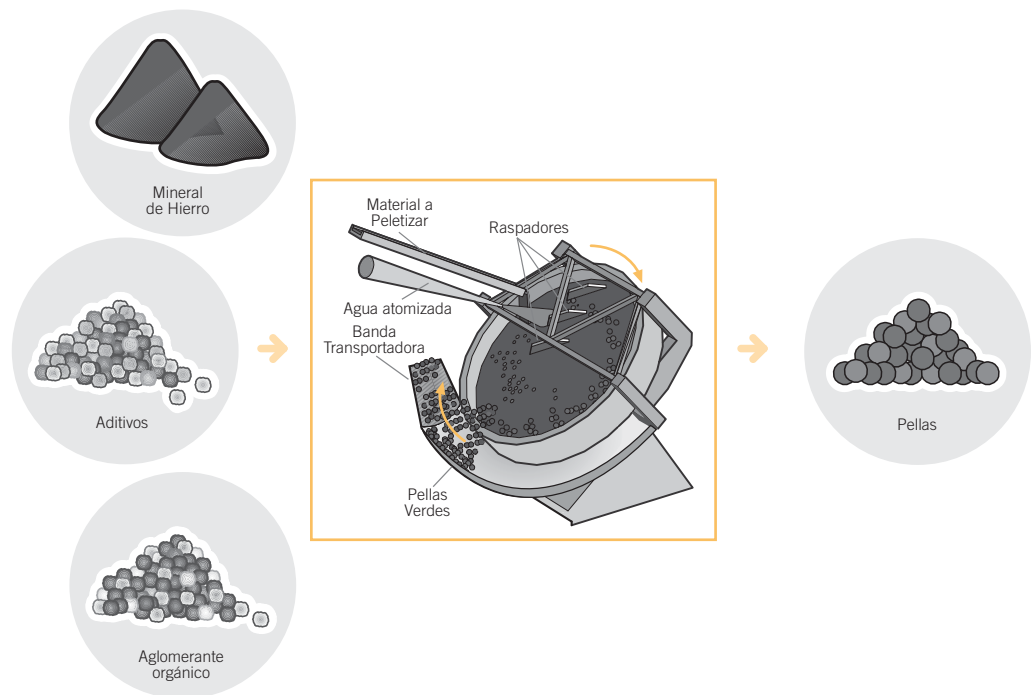
La Fabricación de Pellas es un proceso que forma parte de la etapa de Preparación de la Materia Prima en la Fabricación del Acero.



### I.ii Definición de Fabricación de Pellas

La Fabricación de Pellas (conocido también como proceso de Peletización) es el proceso mediante el cual a partir de un mineral concentrado de hierro, aditivos y aglomerante orgánico, se produce un aglomerado en forma esférica con características físicas, químicas y metalúrgicas apropiadas para la etapa posterior en el proceso de Reducción de Mineral de Hierro (HRD).

Las esferas que se obtienen en el proceso de Peletización se conocen como PELLAS (Pelet), y se podría decir que son partículas producidas por aglomerados finos de mineral de hierro concentrado.



### I.iii Ubicación y Capacidad

Las plantas de Ternium en donde se realiza el proceso de Fabricación de Pellas tienen la siguiente capacidad de producción:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
	Cuenta con dos plantas en donde se lleva a cabo la Fabricación de Pellas.	
<b>México</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Estación Alzada perteneciente a la empresa Las Encinas ubicada en el municipio de Cuauhtémoc, Colima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta peletizadora de Las Encinas produce 1800 Mton de Pellas al año.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peña Colorada está ubicada en el Puerto de Manzanillo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta Peña Colorada, produce 4100 Mton de Pellas al año.</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta se encuentra físicamente ubicada en la zona centro-occidental de la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta produce 8000 Mton de Pellas al año.</li> </ul>

### I.iv Secuencia de Operaciones

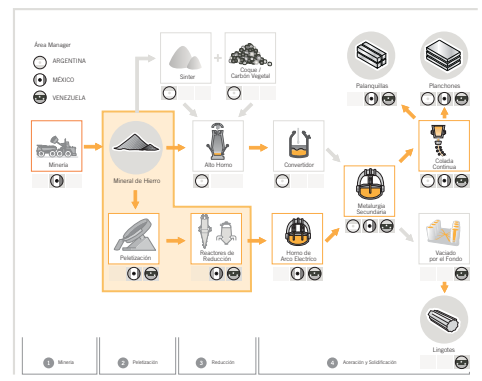
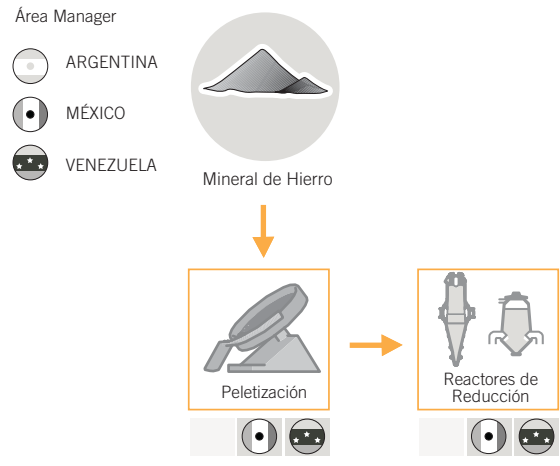
Las etapas principales del proceso de Fabricación de Pellas son:

1. Recepción y Preparación de la Materia Prima
2. Molienda
3. Mezclado
4. Peletización

De esta manera se cubre el proceso de beneficio del mineral de Hierro (Fe) o fierro primario, materia básica para la producción de Acero, para dar paso a su transformación a través del proceso de Reducción.

**I.v Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium**

El diagrama siguiente muestra los procesos de la etapa de Preparación de la Materia Prima y las Áreas Manager donde se realizan:





## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

3. Reducción del Mineral de Hierro

## Capítulo 3. Reducción del Mineral de Hierro

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar las diferentes etapas del proceso de Reducción en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>2</b>	<b>I. Generalidades</b>
2	I.i Introducción
4	I.ii La Reducción del Mineral de Hierro en la Fabricación del Acero
5	I.iii Reducción Indirecta
5	A. Definición
5	B. Ubicación y Capacidad
6	C. Secuencia de Operaciones
7	D. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero
8	I.iv Reducción Directa
8	A. Definición
9	B. Ubicación y Capacidad
9	C. Secuencia de Operaciones
10	D. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero
<b>11</b>	<b>1 Ternium Argentina</b>
<b>11</b>	<b>1.1 Introducción a los Procesos de Reducción</b>
<b>12</b>	<b>1.2 Ubicación y Flujo de los Procesos</b>
<b>13</b>	<b>1.3 Materias Primas de Consumo en Reducción</b>
<b>16</b>	<b>1.4 Sinterización</b>
16	1.4.1. Introducción al Proceso
17	1.4.2. Descripción del Proceso
<b>19</b>	<b>1.5 Coquización</b>
19	1.5.1. Introducción al Proceso
21	1.5.2. Descripción del Proceso
25	1.5.3. Subproductos
	<b>1.6 Alto Horno</b>
	1.6.1. Introducción al Proceso
	1.6.2. Descripción del Proceso

## I Generalidades

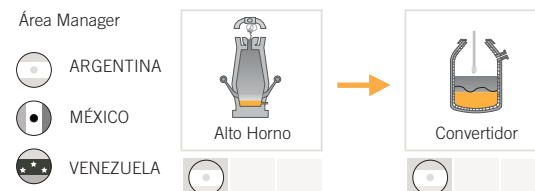
### I.i Introducción

Los minerales se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos. Los óxidos, en nuestro caso óxidos de hierro, deben ser extraídos del mineral. Este proceso se denomina Reducción.

En la industria siderúrgica, existen dos métodos de Reducción del Mineral de Hierro con los que se obtiene acero utilizando mineral de hierro, estos son: Reducción Indirecta (RI) y Reducción Directa (RD).

En el método de Reducción Indirecta se utiliza un Alto Horno (Convertidor), mientras que la Reducción Directa utiliza un Reactor comúnmente llamado Horno Eléctrico de Arco. Ambos métodos parten del mineral de hierro, pero la diferencia básica entre ellos, es cómo llevan a cabo la Reducción del Mineral de Hierro.

- Reducción Indirecta: El mineral de hierro es transformado utilizando un Alto Horno para obtener arrabio que luego es refinado para producir el acero. Este es el proceso utilizado en Ternium Argentina en el Alto Horno.



- Reducción Directa (RD): Al mineral de hierro, tanto en forma de pella como en su estado natural, se le extrae el Oxígeno para obtener el hierro metálico utilizado para la Fabricación del Acero. Este proceso se utilizan en Ternium México y Venezuela.



En el año 2004, la producción mundial de Hierro de Reducción Directa (HRD) se ubicó en 54.6 millones de toneladas, ostentando Latinoamérica el primer lugar de producción de HRD.

Existen distintas tecnologías de Reducción Directa a nivel mundial. Las principales son HYL desarrollada por Ternium México y Midrex desarrollada por Midrex Technologies.

HYL y Midrex realizan esfuerzos constantes de investigación y desarrollo para mejorar sus avances y alcances tecnológicos además de brindar asistencia técnica a quienes los implementan. En los últimos años, la tendencia de HYL ha sido mejorar los procesos de Reducción Directa para que tengan menor consumo energético, bajos costos de inversión inicial y mayor rendimiento del metálico. Midrex se ha orientado a desarrollar módulos con mayores capacidades de producción y mejores sistemas de control.

La tecnología HYL III ZR Hytemp® y Transporte Neumático (4M) se sustenta en la generación “in situ” de gas reformado y el transporte neumático del HRD hasta los hornos de aceración. La tecnología HyL II se caracteriza por ser la única planta en el mundo que aún utiliza tecnología batch, es decir, haciendo un proceso a la vez, por lo que no trabaja de forma continua.

Por otra parte, en el año 2005, Ternium Argentina puso en marcha una planta de briqueteado<sup>2</sup> en frío de finos siderúrgicos (residuos del proceso de Reducción Indirecta que no resultan aptos para cargarse en los hornos de aceración debido a su tamaño) Este proceso fue desarrollado por la empresa Telemec y brinda importantes ventajas económicas y ambientales.

---

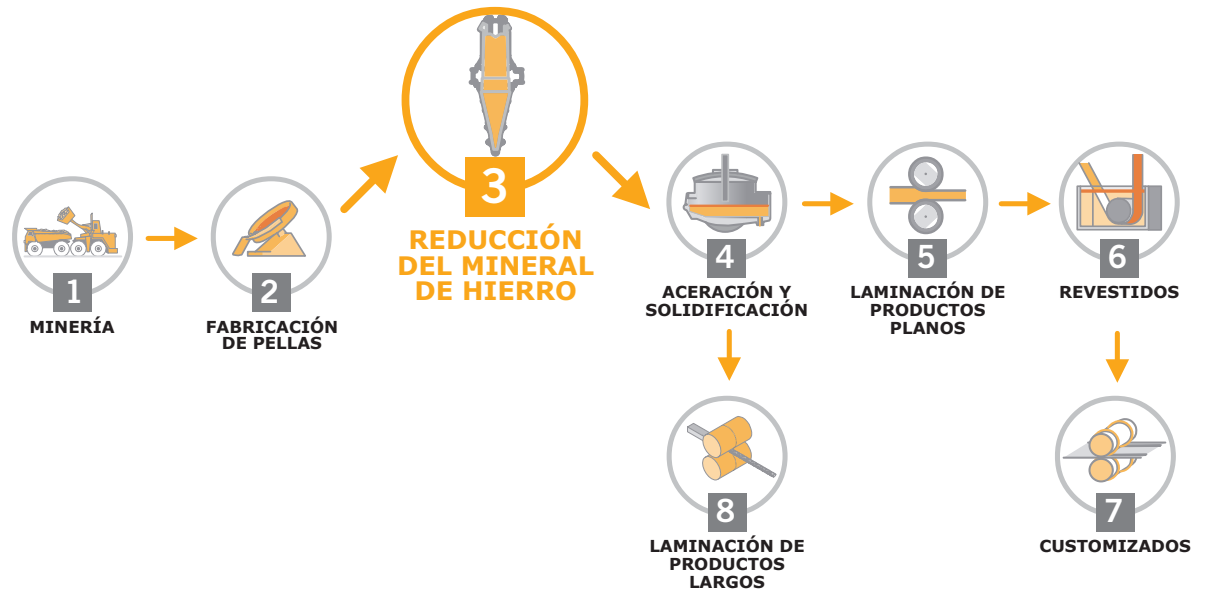
<sup>1</sup> Según datos de “2004 World Direct Reduction Statistics” de Midrex Technologies Inc.

<sup>2</sup> Briqueteado: Es una tecnología de aumento de tamaño, en el que con los finos de mineral se fabrican briquetas [pequeños “ladrillos” producto de un proceso de prensado en moldes] de diferentes formas y tamaños.



### I.ii La Reducción del Mineral de Hierro en la Fabricación del Acero

La Reducción de Mineral de Hierro, es un proceso que forma parte de la etapa de Reducción en la Fabricación del Acero.

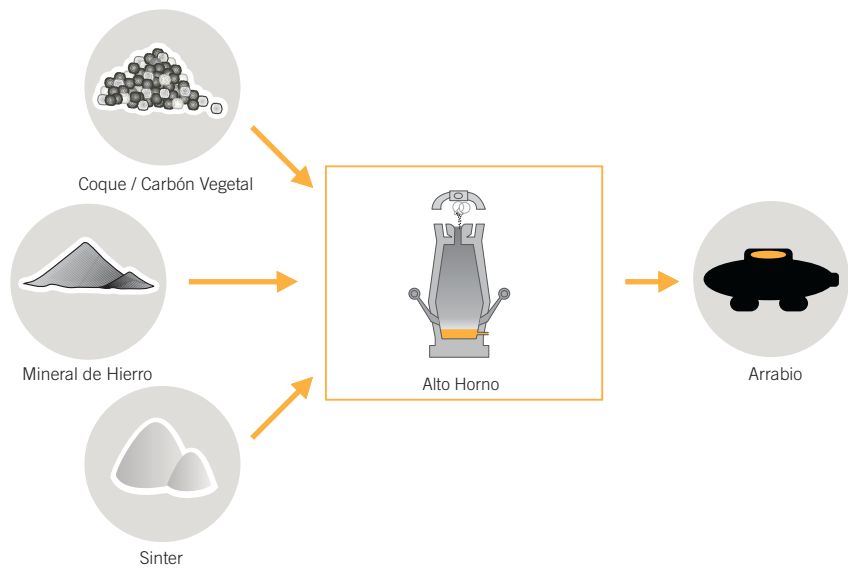


**I.iii Reducción Indirecta**

**A. Definición**

El objetivo del proceso de la Reducción Indirecta es eliminar el oxígeno de las Materias Primas Ferrosas, con el fin de obtener hierro metálico, en forma de arrabio<sup>3</sup> líquido.

En este proceso la reducción a hierro metálico se realiza por fusión, utilizando carbón y aire para suministrar el calor necesario y generar gas reductor para la reducción desde hematina, que es el estado mayor de oxidación hasta la wustita que es el estado menor de oxidación.



**B. Ubicación y Capacidad**

Las instalaciones de Ternium en las que se realiza el proceso de Reducción Indirecta para producir arrabio, tienen la siguiente capacidad de producción:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
Argentina	Las instalaciones se encuentran ubicadas en el Centro Siderúrgico General Savio, el cual cuenta con dos Altos Hornos. (AH)	Cuenta con una producción de 2850 Mton/año de Arrabio.

<sup>3</sup> El arrabio es hierro líquido (en un 94,5%) con un contenido de carbono de aproximadamente 3,9% a 4,6% y otros componentes de impurezas tales como: azufre, fósforo, silicio y manganeso.

### C. Secuencia de Operaciones

Las actividades principales de la Reducción Indirecta son:

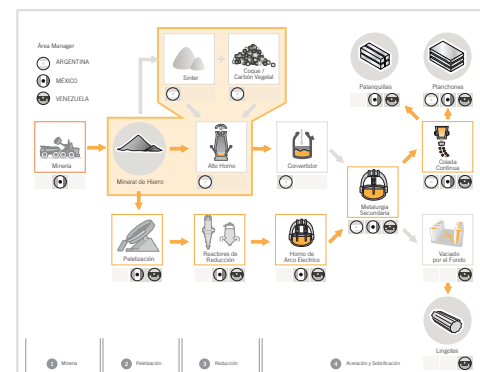
1. Carga de materias primas
2. Proceso en el Alto Horno
3. Colado de arrabio y escoria
4. Despacho de arrabio

En estas actividades, las materias primas utilizadas son minerales de hierro (calibrados y finos), pellas, fundentes, carbón, coque de petróleo, recuperados de Planta, coque metalúrgico y el Sinter. El coque metalúrgico y el Sinter son productos de los procesos de Coquización y Sinterización que se llevan a cabo en el área de Reducción para obtener el arrabio líquido.

- Sinterización: El objetivo del proceso de Sinterización es transformar las materias primas mediante un proceso de fusión parcial y aglomeración en un producto poroso, resistente, de composición variable, de acuerdo a los requerimientos del Alto Horno. Surge de un proceso de aglomeración en caliente del mineral de hierro fino cuya granulometría no es adecuada para cargarlo directamente al Alto Horno.
- Coquización: El objetivo del Proceso de Coquización es obtener coque metalúrgico de calidad adecuada para su consumo como materia prima en el Alto Horno.

### D. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero

En el siguiente esquema se observa el diagrama de flujo de la Reducción Indirecta y las Áreas Manager donde se realiza:



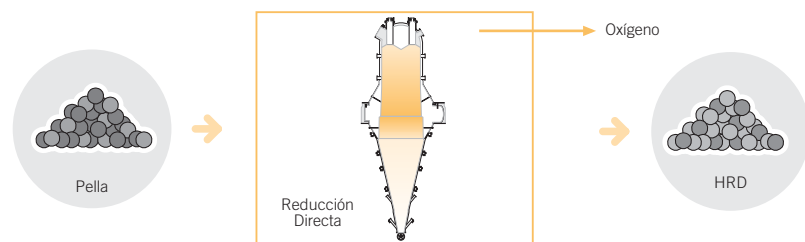
#### I.iv Reducción Directa

##### A. Definición

Reducción Directa (RD) es el proceso que permite obtener el hierro metálico o hierro de reducción directa (HRD o Fierro Esponja) con las características físico-químicas requeridas, granulometría y composición química para la fabricación del acero a través de la extracción o eliminación de oxígeno de las Pellas (Pelet) en el Horno de Reducción o Reactor.

En la Ruta Reducción Directa (RD), la reducción se lleva a cabo con un gas reductor generado a partir de la reformación de gas natural, el proceso se ejecuta sin fusión desde la hematina hasta el hierro metálico. El calor se proporciona calentando el gas reductor en un intercambiador de calor.

Este proceso consiste básicamente en la eliminación del oxígeno de los minerales (óxidos de hierro), que se efectúa directamente, sin llegar a la fusión, como en la Reducción Indirecta. De esta manera, el producto después de procesado conserva su forma original (colpa, pelet) pero con notable mayor porosidad, lo que ha dado lugar a que se le llame HRD (Hierro de Reducción Directa) o Fierro Esponja.



## B. Ubicación y Capacidad

Las plantas de Ternium en las que se lleva a cabo el proceso de Reducción Directa tienen la siguiente capacidad de producción:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
México	<p>Ternium México cuenta con tres plantas de Reducción Directa, las cuales se encuentran en:</p> <p><b>Productos Planos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HYL III ZR Hytemp® y Transporte Neumático (4M) primera en el mundo que opero sin reformador.</li> <li>■ HYL III ZR descarga en frío (3M5) ubicada en San Nicolás de los Garza, N.L.</li> </ul> <p><b>Productos Largos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HYL III: ubicada en la ciudad de Puebla.</li> </ul>	<p>El total de producción de las plantas de Reducción Directa es de 2284 Mton/año.</p>
Venezuela	<p>Ternium Venezuela cuenta con tres plantas de Reducción Directa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Midrex I ubicada en el centro norte de la planta.</li> <li>■ Midrex II ubicada en el área del Plan IV al sur-oeste de la planta.</li> <li>■ HYL II ubicada en el área del Plan IV al sur-oeste de la planta.</li> </ul>	<p>Las plantas tienen una capacidad de producción de 4500 Mton/año.</p>

## C. Secuencia de Operaciones

Las actividades principales de la Reducción Directa son:

1. Preparación de la Materia Prima
2. Reducción
3. Reformación

Los procesos de RD, adquieren mayor relevancia en la década de los noventa en las Acerías porque se hacen compatibles con el Horno Eléctrico de Arco. En efecto, las innovaciones hechas a los procesos de RD posibilitan que el Horno de Arco sustituya la Chatarra por el Hierro de Reducción Directa (HRD) o el Hierro de Reducción Directa Briqueteado<sup>2</sup> en Caliente para generar diferente composición de la carga metálica según se requiera para fabricar aceros de alta calidad.

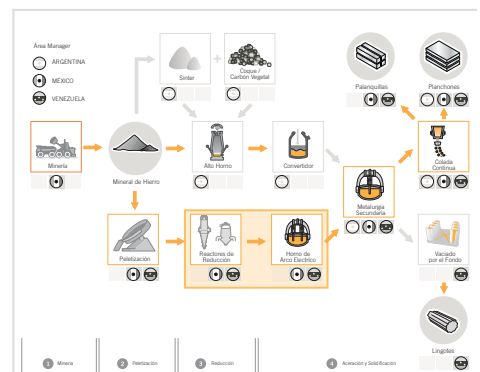
Existen varias tecnologías de reducción directa a nivel mundial, pero la gran parte del mercado maneja sólo dos:

- Midrex (desarrollada por Midrex Technologies)
- HYL (desarrollada por Ternium México y pueden ser de lecho fijo o lecho móvil).

Ambos son procesos de reducción directa que obtienen un mismo producto con procedimientos distintos.

**D. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium**

En el siguiente esquema se observa el diagrama de flujo de la Reducción Directa y las Áreas Manager donde se realizan:



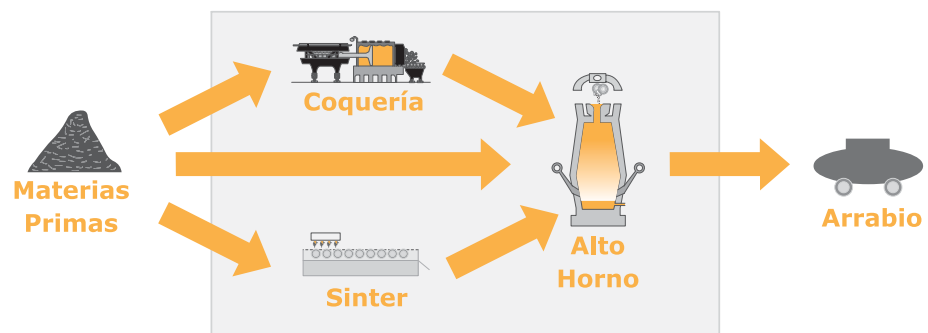
## 1 Ternium Argentina

### 1.1 Introducción a los Procesos de Reducción

Se denomina Área de Reducción a aquella en la que se lleva a cabo los procesos de Sinterización, Coquización y Alto Horno.

El objetivo del Proceso de Reducción es eliminar el oxígeno de las Materias Primas Ferrosas, con el fin de obtener hierro metálico, en forma de arrabio. Este proceso se lleva a cabo en el Alto Horno.

En el siguiente esquema se observa el Área de Reducción



En estos procesos, las materias primas utilizadas son minerales de hierro (calibrado y finos), pellets, fundentes, carbón, coque de petróleo, recuperados de Planta, coque metalúrgico y el Sinter. El coque metalúrgico, finos de coque y el Sinter son productos de los procesos de Coquización y Sinterización que se llevan a cabo en el área de Reducción. Del proceso de Reducción (Alto Horno) se obtiene como producto principal el Arrabio líquido.

El arrabio es hierro líquido (en un 94,5%) con un contenido de carbono de aproximadamente 3,9% a 4,6% y otros componentes de impurezas tales como: azufre, fósforo, silicio y manganeso.

También es llamado hierro de primera fusión. Se obtiene sometiendo a la materia prima (portadores de hierro) a reacciones químicas donde la temperatura involucrada en el proceso, tiene que superar la temperatura de fusión de los componentes. Esto se realiza en el Alto Horno.



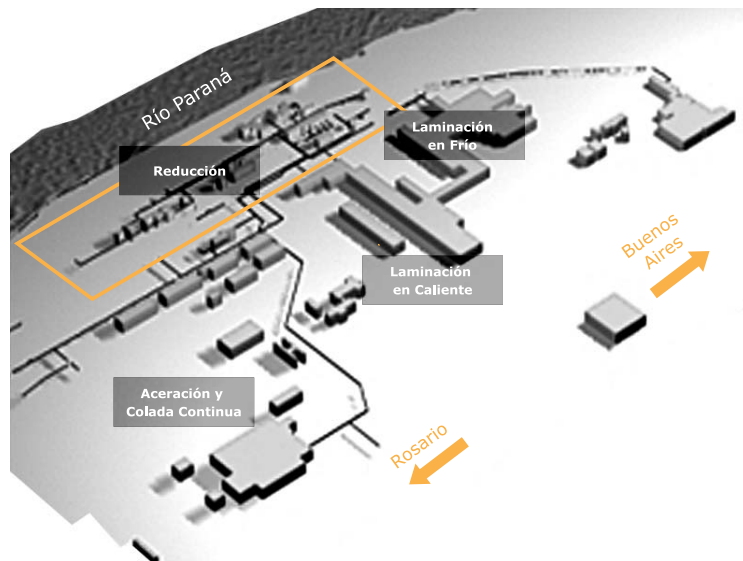
## 1.2 Ubicación y Flujo de los Procesos

Las instalaciones del Área de Reducción se encuentran en el Centro Siderúrgico General Savio.

Los planos que siguen, muestran la ubicación, dentro de la planta, de los procesos que se tratan en este módulo y el Flujo de las Materias Primas hasta su llegada al Alto Horno.

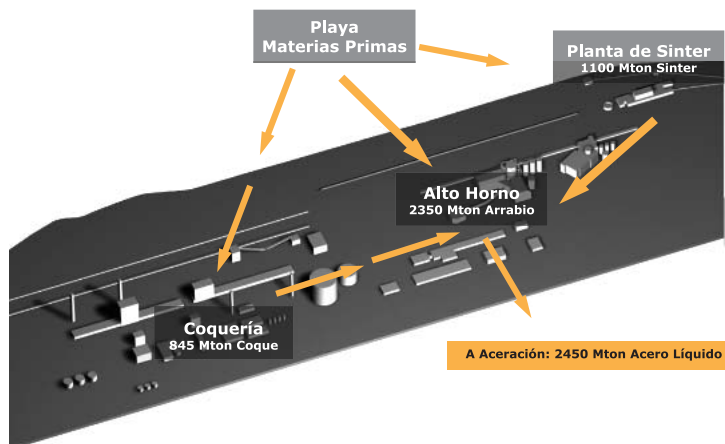
### Planta San Nicolás

Ubicación de los Procesos de Reducción.



### Area de Reducción

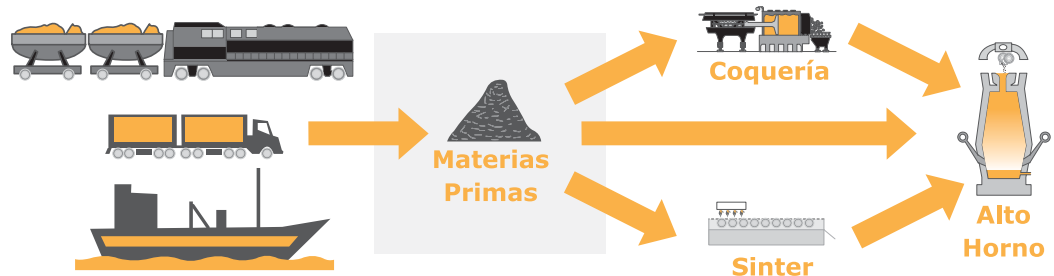
Flujo del Proceso.



Los valores corresponden a las capacidades anuales de los equipos en miles de toneladas  
Los datos de producción reales pueden consultarse en el Visual Flash en la Intranet de Argentina.

### 1.3 Materias Primas de Consumo en Reducción

Se consideran como materias primas de consumo directo en el Área Reducción a aquellos materiales de entrada, que luego de una serie de operaciones consistentes en la recepción, almacenamiento y clasificación son utilizados en los distintos procesos.



Las Materias Primas utilizadas en el área de Reducción, son las siguientes:

- Minerales de hierro: mineral calibrado y pellets para carga al Alto Horno, y finos de minerales de hierro para Sinter
- Fundentes
- Carbones y Coque de Petróleo

El equipamiento y las instalaciones que permiten la recepción, almacenamiento y clasificación de las materias primas de Reducción son los siguientes:

- Ternium Argentina cuenta con un puerto formado por dos muelles, uno mineralero (o de materias primas) y otro comercial.

La recepción de materias primas por vía fluvial, se realiza en el muelle mineralero. Este tiene 680 m de longitud, cuenta con tres grúas descargadoras y circuitos de cintas transportadoras y apiladores que almacenan las materias primas en las respectivas playas de acopio.

- Para la recepción por vía terrestre (a través del ferrocarril), se cuenta con plataformas y rampas de descarga de material a granel.

En las Playas se almacenan las materias primas hasta el momento de su utilización. El transporte de las mismas a las áreas de preparación y consumo, se realiza a través de un sistema de cintas transportadoras hacia los sectores de:

- Sinterización
- Coquización
- Alto Horno

A continuación se describen las principales características de las materias primas utilizadas:

### Portadores de hierro

El Hierro, elemento básico constitutivo del acero, se encuentra en abundancia en la naturaleza bajo la forma de minerales de hierro, que son compuestos de hierro y oxígeno junto con otros elementos o compuestos que se consideran impurezas (ganga).

Existen diversos tipos de minerales de hierro según varíen los estados de oxidación. Algunos de los más importantes son: la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) que es un compuesto de óxido ferroso y férrico; hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que es básicamente óxido férrico; limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) que es un óxido férrico hidratado y la siderita ( $\text{CO}_3\text{Fe}$ ) que es un carbonato de hierro.

Las reservas mundiales de mineral de hierro garantizan razonablemente la estabilidad del suministro en los años futuros.

El Mineral Calibrado es la fracción de mineral de hierro que tiene una distribución de tamaño (Granulometría) controlada (entre 6 y 38 mm) y una composición química determinada (contenido de hierro y limitaciones en los contenidos de álcalis, azufre y fósforo), aptas para su consumo como materia prima en el Alto Horno.

Los Finos de Mineral, son una fracción del mineral de hierro de menor tamaño que puede transformarse en una materia prima apta para su consumo en el Alto Horno a través de procesos de aglomeración como la Sinterización y la Pelletización.

El Pellets es el producto del proceso de Pelletización de los finos de mineral para transformarlo en nódulos ó bolitas de 10 a 15 mm de diámetro. La Pelletización consiste en la formación del pellets verde en el tambor pelletizador utilizando finos de mineral con una humedad controlada a la que se le agrega un elemento o agente aglomerante. Posteriormente los pellets verdes son secados y cocidos a alta temperatura para obtener el pellets. Las plantas de pelletización, generalmente, se encuentran en las proximidades de las minas.

### Fundentes

La ganga de los minerales y las cenizas del coque tienen elevados puntos de fusión (1700 a 2000°C) y tendrían grandes dificultades para fundir en el proceso de Alto Horno. Por esta razón se utilizan productos denominados Fundentes, que permiten obtener una escoria de bajo punto de fusión (1300 a 1400°C) y reducida viscosidad, que absorba los elementos indeseables que contaminarían el arrabio producido.

Los fundentes más importantes son: la caliza, la serpentina y la dolomita.

### **Carbones**

El carbón es una roca sedimentaria de estructura heterogénea que proviene de la fosilización de las plantas. Está compuesto de diversos elementos siendo el más importante el carbono, conteniendo además hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, mezclados con materia inorgánica (arena, tierra) propios del lugar de formación y que constituyen las cenizas.

La aplicación actual del carbón en la siderurgia es: materia prima para la producción de coque metalúrgico, que es empleado en el Alto Horno; finos de coque, que se utilizan en el proceso de Sinterización; y recarburante en la acería. El coque de petróleo es un residuo sólido, con alto contenido de carbono, que se obtiene como consecuencia de los procesos de destilación del petróleo para obtener compuestos líquidos tales como naftas, aceites, etc.

Este coque de petróleo se utiliza formando parte de las mezclas de carbones a coquizar.

### **Materias Primas para Sinter**

Además de los finos de mineral de hierro, para la Sinterización se utilizan materiales recuperados de diferentes procesos de la Planta.

Los principales recuperados son finos de coque, finos de fundentes, laminillas<sup>4</sup>, finos de Sinter y escoria de acería, polvo de trampa<sup>5</sup> del Alto Horno, barros de acería, que aportan hierro y fundentes al Sinter.

---

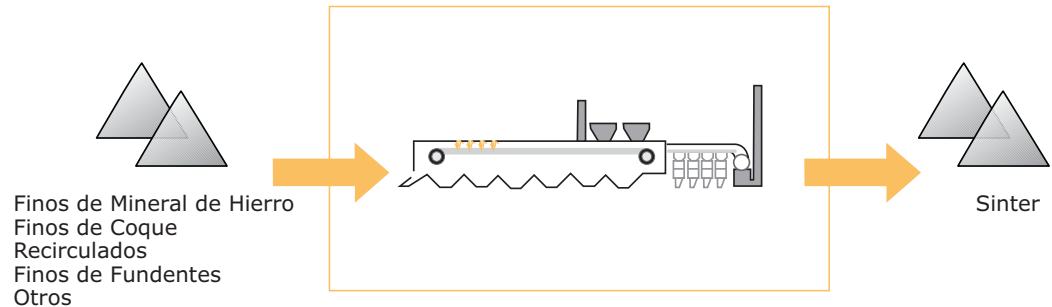
<sup>4</sup> Laminillas: cascarillas formadas sobre los planchones y chapa LAC.

<sup>5</sup> Polvo de trampa: finos provenientes de los materiales que ingresan al Alto Horno.

## 1.4 Sinterización

### 1.4.1 Introducción al Proceso

El objetivo del Proceso de Sinterización es transformar las materias primas mediante un proceso de fusión parcial y aglomeración en un producto poroso, resistente, de composición variable, de acuerdo a los requerimientos del Alto Horno.



El Sinter surge de un proceso de aglomeración en caliente del mineral de hierro fino cuya granulometría no es adecuada para cargarlo directamente al Alto Horno.

Las materias primas utilizadas en la elaboración del Sinter son:

- Finos de Fundentes
- Finos de Coque (se utiliza como generador de energía)
- Recuperados en Planta (Finos de Sinter, Finos de Mineral, Laminillas, Polvo de Trampa de Alto Horno, Barros y Escoria de Acería, finos de pellets y finos de calibrado)

Los Finos de Fundentes tales como la caliza, serpentina y arena empleados con un tamaño menor a 3 mm forman una matriz de escoria que promueve la cohesión de los granos de mineral, otorgando resistencia al Sinter.

Los Finos de Coque, que son utilizados como combustible sólido, deben poseer un elevado porcentaje de carbono y un reducido contenido de azufre, con tamaños entre 0,25 y 3 mm.

Los materiales recuperados en planta como la laminilla, finos de pellets, finos de los sistemas de aspiración de planta de Sinter, polvo de trampa de Alto Horno, escoria y barros de Acería obtenidos en las distintas etapas del proceso, son premezclados constituyendo un material muy económico llamado Premezcla, con un contenido metálico tal que permite ahorrar carga de finos de mineral.

Los beneficios obtenidos por cargar esta premezcla son de tipo económico, ambientales, y de logística ya que la deposición de los mismos (de no ser consumidos) obligaría a su traslado fuera de planta.

La materia prima base en el proceso de Sinterización son los Finos de Mineral de Hierro. La distribución granulométrica del Mineral de Hierro debe asegurar la permeabilidad óptima en el proceso de Sinterización, empleando tamaños menores a 6,3 mm.

La elaboración de Sinter cumple no sólo una función económica sino también una función ecológica: le permite a Ternium Argentina eliminar algunos de sus residuos re-utilizándolos como materia prima.

El equipamiento utilizado para el proceso de Sinterización consta de:

- Sistema de dosificación de Materias Primas
- Cadena de Sinterización cuya superficie útil es de 81.2 m<sup>2</sup> (29 m de largo x 2.8 m de ancho)
- Enfriador circular
- Sistema de clasificación del Sinter (zarandas en caliente y en frío)
- Ventilador principal, cuya capacidad es de 6370 m<sup>3</sup>/min
- Sistema de captación de polvos (mediante ciclones)

La velocidad de trabajo de la cadena es de 1.40 m/min, y la capacidad de producción anual es de 1200 Mton.

#### 1.4.2 Descripción del Proceso

Las etapas del Proceso de Producción del Sinter son:

- a. Almacenamiento de las materias primas en los silos de la Planta de Sinter
- b. Dosificación de las materias primas y Preparación de la Mezcla
- c. Sinterización
- d. Quebrantado
- e. Clasificación en Caliente
- f. Enfriamiento
- g. Clasificación en Frío

Las materias primas provenientes de las playas se almacenan en la línea de silos. De estos se dosifican y envían a un tambor mezclador que es el responsable de la homogeneización y micropeletización de los finos mediante la adición de agua para elevar su permeabilidad. La mezcla homogeneizada se envía a la tolva de alimentación.

La Mezcla es evacuada de la tolva a través de un rodillo alimentador, cargándose sobre la cadena de sinterización<sup>6</sup>, a la cual previamente se le depositó una delgada capa de Sinter clasificado que actúa como protección de la misma. La mezcla cargada en la cadena, llamada lecho, se transporta pasando por el horno de encendido, donde recibe el aporte térmico generado por quemadores de

gas que calienta e inflama al coque fino contenido en la superficie de la mezcla y que actúa como combustible. El calor producido por la combustión del coque fino funde parcialmente los materiales, facilitando su aglomeración. La combustión avanza como un frente hacia abajo a medida que la cadena se desplaza y es mantenida por el pasaje de aire a través del lecho, forzado por un ventilador que aspira desde abajo del lecho de carga. Al llegar al final de la cadena, el Sinter formado cae a través de una tolva al quebrantador que rompe la masa en trozos más pequeños.

El Sinter quebrantado pasa por una zaranda en caliente que lo clasifica en dos granulometrías. El fino (tamaño menor a 5 mm) se recicla al proceso (finos de retorno caliente) y el mayor de 5 mm se envía a un enfriador por aire forzado. El Sinter, una vez enfriado, se clasifica nuevamente (zaranda en frío) donde se separa el fino menor de 5 mm que se recicla al proceso (finos de retorno fríos). Además se separa la fracción de 16 a 20 mm, que se utiliza para hacer el lecho de protección de la cadena. El resto del Sinter se destina al consumo en el Alto Horno.

El producto obtenido del proceso de Sinterización es el Sinter, que es utilizado como materia prima en el Alto Horno. La especificación técnica del Sinter es la siguiente:

#### Composición

Fe Total	CaO / SiO <sub>2</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO
55%	2 a 2.5% (*)	10 a 14% (*)	5 a 5.5%	2 a 2.5%	< 8.0%

#### Granulometría

Diámetro de partícula	
Medio	16 a 18 mm
Mínimo	5 mm
Máximo	50 mm

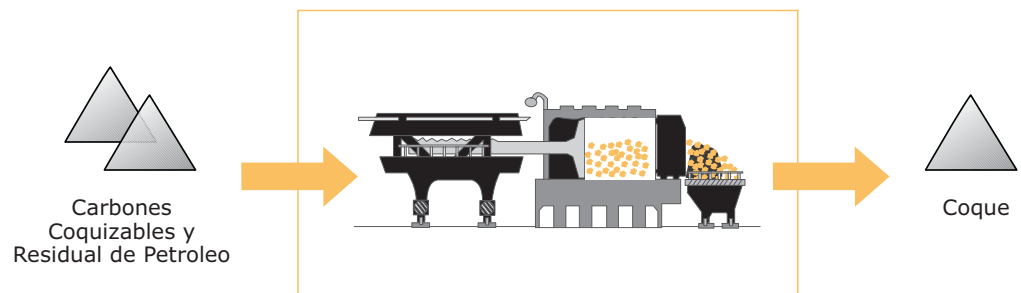
<sup>6</sup> Cadena de Sinterización: está constituida por 83 carros de 1 metro de largo por 2,8 metros de ancho. El fondo esta formado por un emparrillado constituido por una doble hilera de grillas de acero fundido.

\* El análisis puede variar de acuerdo a los requerimientos de calidad química del techo del Alto Horno.

## 1.5 Coquización

### 1.5.1 Introducción al Proceso

El objetivo del Proceso de Coquización es obtener coque metalúrgico de calidad adecuada para su consumo en el Alto Horno.



El Coque es un residuo sólido resultado de la destilación seca<sup>7</sup> de una mezcla de carbones en ausencia de aire, para evitar su combustión.

En este proceso, la materia prima utilizada es un mix de carbones coquizables y no coquizables provenientes de Australia, EEUU y Colombia y coque de petróleo provenientes de las Destilerías de Petróleo que tienen en Argentina las empresas ESSO y Repsol YPF.

Los carbones se clasifican según la Clase, que es el grado de evolución geológica (de los vegetales al carbón) y se indica en orden decreciente desde la Antracita a la Lignita. Cuanto más evolucionado es el carbón (Antracita), es más rico en carbono y consecuentemente tendrá menor cantidad de materia volátil.

La materia volátil está constituida por los componentes del carbón que se desprenden en forma de gases y vapores al someter al carbón a un proceso de calentamiento.

Clase	Grupo	Carb, Fijo	Mat. Volátil	Poder Calorífico
Antracita		86-89%	2-14%	
Bituminosos	Bajo Volátil	78-86%	14-19%	
	Medio-Bajo Volátil	69-78%	19-23%	10500-14500 Btu/lb
	Medio Volátil	69-78%	23-27%	10500-14500 Btu/lb
	Medio-Alto Volátil	69-78%	27-30%	10500-14500 Btu/lb
	Alto Volátil	< 69%	< 31%	
Subbituminos				8300-10500 Btu./lb
Lignita				6300-8300 Btu./lb

<sup>7</sup> Destilación seca: es la separación de las materias volátiles, en estado gaseoso, del carbón en estado sólido.



No todos los carbones son coquizables. Sólo algunos de los Bituminosos tienen la propiedad de coquizarse debido a su capacidad de reblandecer, es decir, de cambiar a un estado fluido en un cierto rango de temperatura para posteriormente resolidificarse a mayor temperatura formando un sólido. Una partícula de carbón coquizable está formada por elementos fusibles<sup>8</sup> y otros infusibles<sup>9</sup>.

Ternium Argentina utiliza en la composición de sus mezclas Carbones Coquizables dentro de la clase de los Bituminosos y correspondientes a los grupos de alto, medio y bajo volátil en proporciones entre el 65% y 85%.

El porcentaje restante está compuesto por coques de petróleo provistos por las firmas ESSO y Repsol.

La mezcla de carbones contiene entre un 20% y 23% de materia volátil aproximadamente.

El coque de petróleo no puede clasificarse como carbón pero, su alto contenido de carbono, el bajo tenor de cenizas y azufre, y el también bajo tenor de materias volátiles, lo hacen un producto apto para integrar la mezcla de carbones a coquizarse.

El producto principal que se obtiene del proceso de Coquización es el Coque Metalúrgico, produciendo además subproductos como coque fino y gas de coque que se consumen en la planta, también se recuperan otros subproductos que se destinan a la venta tales como: el alquitran, el benceno, la naftalina y el sulfato de amonio.

La coquería está formada por tres sectores:

1. Carbón y Coque
2. Baterías de horno de coque
3. Subproductos

El equipamiento utilizado para obtener coque metalúrgico consta de dos baterías de hornos de Coque Otto/Sibetra de 40 hornos cada una (baterías 3 y 4) y una batería Dr. Otto de 45 hornos (batería 2) y batería 5 de 20 hornos.

Cuenta además con dos silos de carbón mezcla (sirven para almacenar los carbones individuales que servirán posteriormente para hacer la mezcla), tres carros de carga (transportan el carbón desde el silos de mezcla hasta el interior del horno y lo pesan), tres deshornadoras (sacan el coque del horno y a través del carro guía lo llevan al vagón de apagado), cuatro carros guía, cuatro carros de apagado (lleva al coque de 900 y 1000°C y lo depositan debajo de una lluvia de agua con el fin de bajar su temperatura a 60°C), tres locomotoras de apagado y dos torres de apagado.

---

<sup>8</sup> Elementos Fusibles: Materiales que se ablandan por acción del calor.

<sup>9</sup> Elementos Infusibles: Materiales que no se ablandan por acción del calor.

También forman parte del equipamiento la preparación de carbón (cintas transportadoras, molinos a martillo, silos y dosadoras de carbón), y la planta de subproductos con las instalaciones necesarias para la recuperación del gas de coque crudo. La capacidad instalada anual de las baterías 3 y 4 es de 845.000 ton de coque metalúrgico y la de la batería 2 es de 200.000 ton.

### 1.5.2 Descripción del Proceso

La función más importante del Sector Coquería es obtener COQUE de calidad adecuada para ser utilizado en el Alto Horno.

Para cumplir este objetivo, se desarrollan las siguientes etapas:

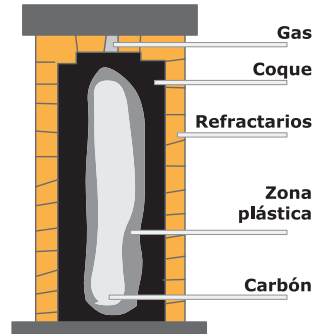
1. Recepción de Carbones
2. Descarga a Playa de Carbones
3. Molienda
4. Almacenaje en Silos Individuales
5. Preparación de Mezcla
6. Almacenaje en Silos de Mezcla (1 en bat. 2 y 1 en bat. 3 y 4)
7. Coquización
8. Deshornado
9. Apagado
10. Transporte y clasificación de Coque

La llegada del carbón a Planta es a través de la vía fluvial (90%) y ferroviaria (10%). El carbón que llega por vía fluvial es descargado de las bodegas del barco por las grúas del puerto y enviado a las playas de carbones por medio de sistemas de cintas transportadoras y apiladores, acopiándose en forma separada por tipo de carbón.

El que llega por vía ferroviaria (Coque de Petróleo Repsol YPF) se descarga de los vagones a través de plataforma y rampa de descarga, acopiándose el material en una playa intermedia para ser trasladada luego hasta la playa de carbones por medio de camiones. Desde la playa, en forma individual, cada carbón es transportado a los molinos a martillo donde se reduce su granulometría hasta el tamaño adecuado para su coquización (80% menor de 3 mm), almacenándose en los silos individuales de carbón.

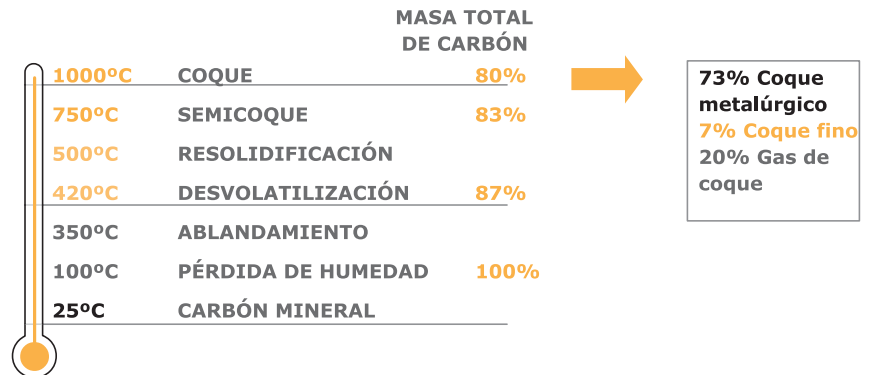
Los carbones se dosifican para formar la mezcla a coquizar, la que se envía al silo de mezcla sobre las baterías. Por medio de un carro de carga se transporta el carbón desde el silo de mezcla hasta los hornos de coquización.

El volumen útil de cada horno de las baterías 3 y 4 es de 37,9 m<sup>3</sup> (14,8 m de largo por 5,70 m de alto por 0,45 m de ancho), y el de cada horno de la batería 2 es de 21,6 m<sup>3</sup> (12 m de largo por 4 m de alto por 0,45 m de ancho).



Corte transversal de batería de coquería

El proceso de transformación de carbón a coque se inicia desde el material en contacto con las paredes calientes, progresando hacia el interior del horno. El proceso se cumple en una capa muy delgada (zona plástica) de aproximadamente 2mm de espesor, que se desplaza a medida que transcurre el tiempo y el calor se transfiere a las capas internas.



Cuando la temperatura de la capa de carbón alcanza los 100°C, éste pierde la humedad, que se desprende en forma de vapor.

Luego el carbón continúa calentándose hasta alcanzar los 350°C aproximadamente, temperatura a la cual los elementos fusibles comienzan a reblandecerse formando una masa viscosa que difunde a través de los elementos infusibles, permitiendo la unión más íntima de todas las partículas.

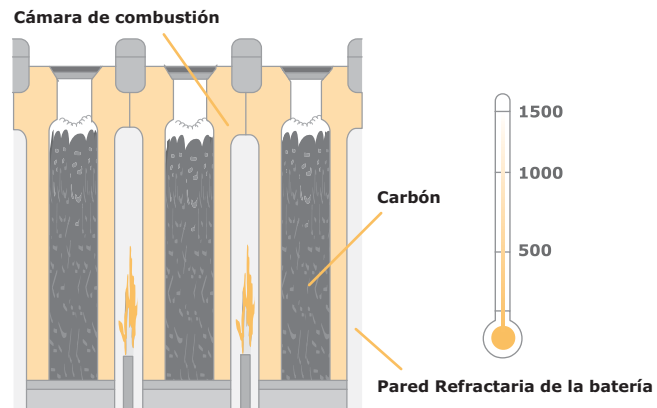
Al alcanzar los 420°C el carbón pierde gran contenido de gases. Se continúa

calentando el material, aumentando la concentración de carbono fijo. Posteriormente se produce la resolidificación del material a 500°C y continúa perdiendo materia volátil. Cuando la temperatura alcanza los 750°C queda aproximadamente un 3% de materia volátil residual. A éste estado se la denomina semicoque. El calentamiento y la pérdida de gases continúa hasta aproximadamente los 1000°C (quedando menos de 1% de materia volátil residual), obteniéndose el coque.

El proceso lleva entre 17 y 24 hs. (según el ritmo de producción), obteniéndose, aproximadamente, un 73% de coque metalúrgico, 7% de coque fino, y un 20% de volátiles (gas de coque).

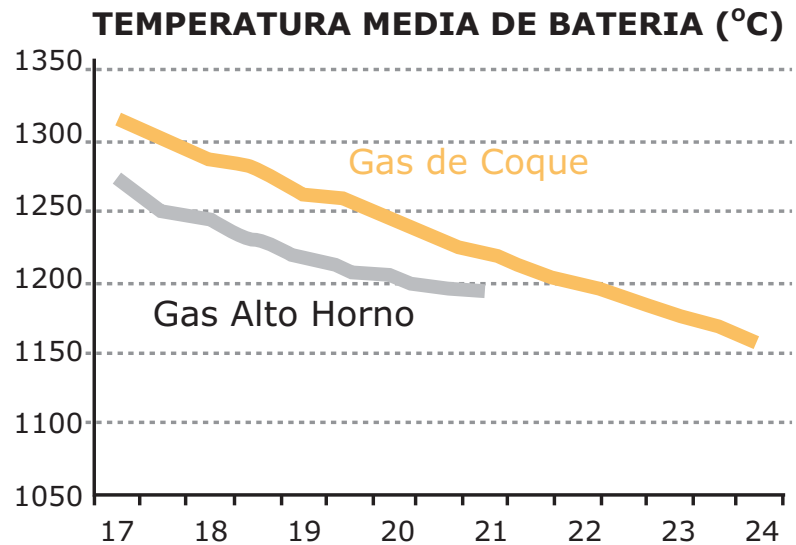
El calentamiento en dichos Hornos es indirecto. Los quemadores (cámaras de combustión) calientan las paredes de refractarios que forman el Horno (cámara de coquización), llegando a temperaturas máximas de 1300°C.

La calefacción se puede realizar por quemado de gas de coque o gas de alto horno, siendo las temperaturas de pared distintas de acuerdo al combustible utilizado.



La gráfica de la página siguiente muestra la evolución de la temperatura de pared en función del tiempo de residencia (tiempo entre carga y descarga de un horno). A menor tiempo de residencia corresponde mayor producción y consecuentemente mayor temperatura. El tiempo de residencia es de aproximadamente 18 hs. (baterías 3 y 4) y 18.30 hs. en la batería 2.

Posteriormente se realiza la descarga del coque, por medio del pistón de empuje de la máquina deshornadora, que atraviesa longitudinalmente todo el Horno, derivándolo (a una temperatura de 1000°C en promedio) a un vagón de apagado, sobre el cual se descarga agua (33.300 lts/min.) para enfriarlo. El tiempo de apagado es de 60 segundos por vagón. La operación de secado se completa con el calor residual.



Luego, el coque se envía a una planta de Cribado, donde se realiza la clasificación por tamaño, para su uso en el Alto Horno o almacenamiento en la Playa de Coque metalúrgico (coque entre los 6 y 75 mm y con un tamaño medio de partícula de 50 a 55 mm) y uso en la Planta de Sinter (coque fino, que es todo material menor de 6 mm).

El principal producto obtenido del proceso de coquización es el coque metalúrgico, el mismo es utilizado como materia prima en el Alto Horno.

Las especificaciones técnicas del producto son las siguientes:

#### Composición

	Cenizas	Azufre	Materia Volátil	Humedad
Objetivo	≤ 8.5%	0.85% max	1.2% max	≤ 3.6%

#### Granulometría

	< 75 mm	< 19 mm
Objetivo	≤ 14%	≤ 1.8%

#### Propiedades

	Estabilidad	Dureza	Resist. post reacción
Objetivo	59% min	65% min	68%

\* La estabilidad y dureza miden la calidad del coque en frío.

\* La resistencia post reacción es un valor que nos muestra como reaccionará el coque dentro del alto horno.

Las funciones del Coque en el Alto Horno son:

- **Combustible:** provee el calor necesario para la fusión de los óxidos de hierro y fundentes
- **Reductor:** permite generar el Monóxido de Carbono (CO) necesario para:
  - reducir indirectamente el mineral (zona debajo de los 1000°C)
  - reducir directamente (zona de toberas)
- **Carburante:** provee el Carbono que está presente en el Arrabio
- **Sostén de carga:** permite soportar el peso de la carga dentro del Alto Horno
- **Formador de intersticios:** son los canales por los cuales pasa el gas reductor hacia la parte superior del Alto Horno, haciendo posible la permeabilidad en la zona pastosa y a lo largo de toda la columna de carga

### 1.5.3 Subproductos

Durante el proceso de coquización se desprende Gas de Coque Crudo, material volátil producto de la destilación, que consiste en una mezcla de gases y vapores que se forman de la descomposición del carbón (cracking térmico) y de las reacciones entre compuestos provenientes de ésta (reacciones de condensación). Este gas -que sale de los hornos de coquización- es enviado a la Planta de Subproductos para recuperarlo y utilizarlo como gas combustible. En las plantas siderúrgicas no es normal que la recuperación de subproductos se lleve hasta la infinidad de los complejos compuestos que comprenden, pero sí es normal que se recuperen por lo menos cuatro grandes grupos:

- Alquitrán crudo
- Amoníaco (como sulfato de amonio)
- Benzol crudo y Naftalina
- Gas depurado

La recuperación de la naftalina se realiza no sólo por su valor comercial, sino también para evitar los perjuicios de una solidificación incontrolada en válvulas y tuberías de la línea de distribución de gas de coque.

Mientras que el gas depurado se utiliza como combustible en otros procesos de Ternium Argentina, los restantes (alquitrán, sulfato de amonio, benzol y naftalina) son comercializados. Otros productos obtenidos en la Coquería y son el Coque de Fundición y el excedente de Coque Fino.

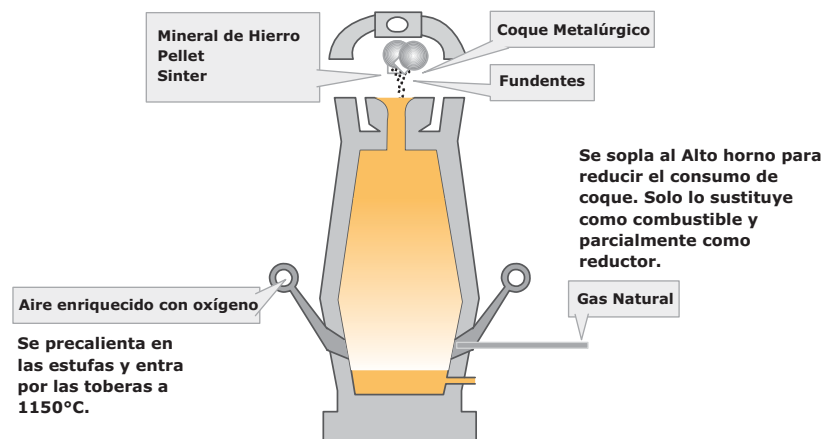
El Coque de Fundición es el coque de mayor tamaño (90 mm) que se reclasifica en una planta a tal fin y se vende a las fundiciones.

El Coque Fino que no se consume en la Planta, también se destina a la venta en distintas fracciones granulométricas, para utilizar como combustible o materias primas para otros procesos.

## 1.6 Alto Horno

### 1.6.1 Introducción al Proceso

El objetivo del Proceso de Alto Horno, es producir arrabio líquido de composición constante, por la eliminación del oxígeno de las materias primas ferrosas (proceso de reducción).

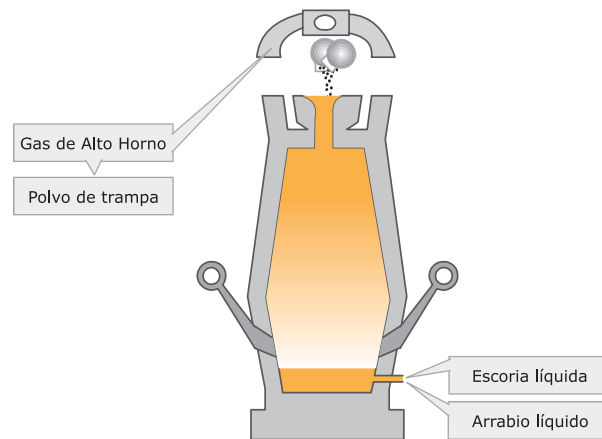


Las materias primas que entran al Alto Horno, son:

- Portadores de Hierro (Mineral de Hierro, Sinter y Pellets)
- Coque Metalúrgico
- Fundentes
- Aire enriquecido con oxígeno: se precalienta en las estufas y entra por las toberas a 1150°C
- Gas Natural: se sopla al Alto Horno para reducir el consumo de coque. Solo lo sustituye como combustible y parcialmente como reductor.

Los productos que se obtienen del Proceso de Alto Horno son:

- Arrabio líquido
- Escoria líquida
- Gas de Alto Horno
- Polvo de trampa



El arrabio es hierro líquido (en un 94.5%) con un contenido de carbono de aproximadamente 3,9% a 4,6% y otros componentes de impurezas tales como: azufre, fósforo, silicio y manganeso. También es llamado hierro de primera fusión. Se obtiene sometiendo a la materia prima (mineral de hierro) a reacciones químicas donde la temperatura involucrada en el proceso, tiene que superar la temperatura de fusión de los componentes. Esto se realiza en el Alto Horno.

La escoria es otro elemento que produce el Alto Horno y cuya función es la de recibir y retener la mayor parte de los constituyentes de la carga cuya presencia no se desea en el arrabio. La escoria se solidifica como escoria granulada y Ternium Argentina la comercializa con destino a la fabricación de cementos.

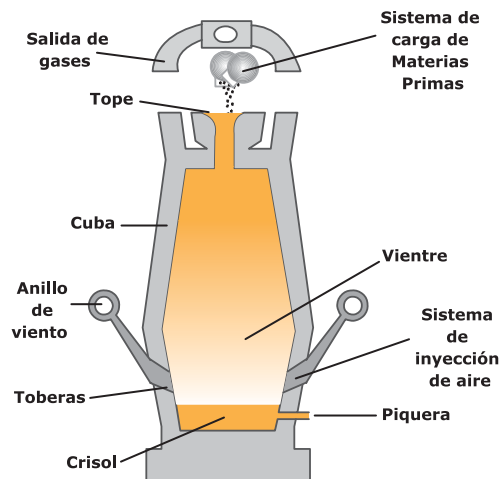
El Alto Horno también produce un gas denominado Gas del Alto Horno, que tiene un bajo poder calorífico (aprox. 1000 Kcal/Nm<sup>3</sup>) y se utiliza como combustible en la planta. De su limpieza se separa el Polvo de Trampa que es utilizado como materia prima en la fabricación de Sinter.

El equipamiento utilizado para cumplir con este objetivo es el Alto Horno, que es un horno vertical, ensanchado en el vientre que tiene una carcasa de acero y está recubierto en su interior por ladrillos refractarios con refrigeración por agua. Cuenta además con dos salas de colada, granuladores de escoria, sistema de calentamiento de aire por medio de estufas, sistema de limpieza de gases, sistema de carga de horno (silos, skips), sistemas de refrigeración por aire y agua, sistema de inyección de gas natural y fuel-oil y lingotera de arrabio.



Las partes que forman el Alto Horno se describen en el siguiente esquema: Ternium Argentina posee dos altos hornos (Alto Horno 1 y 2). El Alto Horno 1 fue reactivado en Septiembre de 2004 (luego de 9 años de inactividad), debido al aumento de la demanda de acero tanto a nivel nacional, como internacional. Dicha reactivación fue posible gracias a una inversión de 28 millones de dólares.

La capacidad de producción anual del Alto Horno 2 es de 1.870.000 toneladas y la del Alto Horno 1 es de 980.000 toneladas.



Las principales características técnicas de dichos hornos se detallan a continuación:

	<b>Característica</b>	<b>Alto Horno 1</b>	<b>Alto Horno 2</b>
Hornos	Tope / Carga	Campana	PW (sin campana)
	Volumen interno	1548 m3	2430 m3
	Diámetro del crisol	8.80 m	10.4 m
	Piqueras	2	2
	Toberas	20	27
	Diseño	Mc KEE	Head Wrigtson
Procesos	Inicio Operación	1960	1974
	Presión de tope	0.5 kg/cm2	1.6 kg/cm2
	Cap Max Vol viento	2500 m3/min	4100 m3/min
	Cap de producción	3300 Ton/día	7200 Ton/día
	Productividad	2.13 Ton/d m3	2.92 Ton/d m3

### 1.6.2 Descripción del Proceso

En el Alto Horno se lleva a cabo el proceso de Reducción que consiste en eliminar el oxígeno de las materias primas ferrosas con el fin de obtener hierro metálico en forma de arrabio.

Para cumplir con este objetivo se desarrollan las siguientes etapas:

1. Carga de materias primas
2. Proceso en el Alto horno
3. Colado de arrabio y escoria
4. Despacho de arrabio

Las materias primas utilizadas en el proceso de Reducción se almacenan por tipo en los silos de Alto Horno. Las materias primas son descargadas en forma individual, a las zarandas donde se separan los finos generados. Los gruesos pasan a las tolvas pesadoras que dosifican el material que se carga a los skips. De acuerdo al programa de carga, serán llevadas a través del skip a las dos tolvas ubicadas en el tope del horno, una que almacena el coque metalúrgico y la otra los minerales y fundentes.

Los materiales se descargan en el interior del Alto Horno por medio de un canalón distribuidor. La carga se realiza en forma de capas alternadas, una formada por el coque metalúrgico y la otra por los minerales y fundentes.

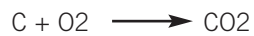
Como ya dijimos, el coque actúa como combustible, agente reductor, aportador de carbono, y soporte de la carga.

El Alto Horno es un reactor en contra corriente, en el cual las materias primas sólidas introducidas por la parte superior (tragante) tienen una trayectoria descendente y los gases generados en la zona de toberas ascienden en contacto con la carga. Esto permite un intercambio de calor que hace que los gases ascendentes se enfríen mientras los sólidos elevan su temperatura a medida que descienden.

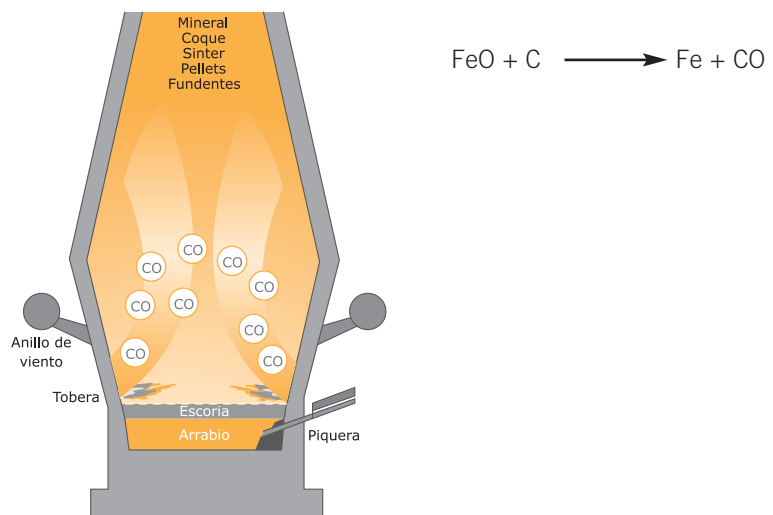
El cuadro muestra los símbolos químicos y los nombres de los elementos y compuestos que intervienen en el proceso de reducción:

Símbolo	Nombre químico
C	Carbono
O <sub>2</sub>	Oxígeno
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dioxido de carbono
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido férrico
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Óxido ferroso-férrico
FeO	Óxido ferroso
Fe	Hierro

Cuando se inyecta el aire caliente en las toberas, se produce la combustión del coque y del gas natural frente a las mismas, reaccionando el oxígeno con el carbono para producirse exotérmicamente dióxido de carbono. A alta temperatura, cerca de 2200° C, en presencia de carbono, el dióxido pasa a formar monóxido absorbiendo calor.

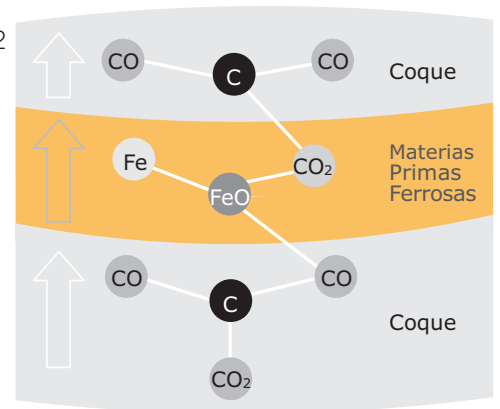
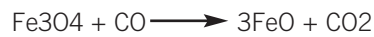


El monóxido absorbe el oxígeno de los minerales, pasando nuevamente a formarse dióxido. Todas estas reacciones ocurren simultáneamente en presencia de carbono y vienen a constituir el fenómeno de reducción directa, interpretado como la reducción de los minerales por la acción del carbono.



A temperaturas por debajo de 1000° C no se produce la reacción endotérmica y es únicamente el monóxido de carbono del gas el que reduce los minerales (no el carbono) lo que se conoce como reducción indirecta. La reducción indirecta tiene lugar en la cuba y en parte del vientre del horno, implicando un efecto térmico ventajoso.

Los materiales cargados por el tragante en forma controlada permiten obtener una distribución de gases uniforme en el interior del Alto Horno, dependiendo de ello la eficiencia alcanzada. En la cuba superior se producen los fenómenos de secado y precalentamiento de la carga.



A partir del momento en que las materias primas ferrosas alcanzan los 600°C comienzan a producirse las reacciones de reducción del óxido de hierro para transformarse en hierro metálico, esta reacción es solo superficial y se debe a la acción del monóxido de carbono que se combina con el oxígeno de los minerales para transformarse en dióxido de carbono.

Cuando los sólidos alcanzan los 1100°C de temperatura comienzan a ablandarse y toman una consistencia pastosa que hace que comiencen a gotear hacia el crisol el hierro y la escoria. Los óxidos de hierro aún no reducidos indirectamente lo serán por medio de la reducción directa, en la parte baja del Alto Horno (etalaje).

En la zona de goteo se forma una acumulación de coque que permanece inactivo, llamada "hombre muerto", a través de la cual escurren el hierro y la escoria fundida hacia el crisol. En esta zona se incorpora al arrabio la mayoría de los elementos que lo componen.

La acumulación de coque del hombre muerto actúa como reserva calórica, que compensa pequeñas variaciones térmicas que pueden producirse en la parte inferior del horno.

Fenómenos tales como la desulfuración, y otros, están relacionados con las características y formación de la escoria que absorberá en diferente cuantía a al-

gunas de las impurezas, que acompañan a las materias primas cargadas en el Alto Horno.

Importantes elementos, relacionados con la calidad del arrabio obtenido, tales como el manganeso y el silicio (metaloides), son reducidos en la zona de fusión y pasan a formar parte del arrabio y de la escoria producidos, según diferentes coeficientes de reparto entre ambos.

En el crisol se acumulan el arrabio y la escoria fundidos, que serán colados periódicamente a través de las piqueras y separados por densidad en los canales de la sala de colado. Las características térmicas y químicas del arrabio y de la escoria están determinadas por el proceso.

Para asegurar la función de la escoria es necesario ajustar su composición a fin de poder eliminar los elementos indeseables.

La ganga aportada por el mineral y las cenizas del coque serán las responsables de la formación de escoria que deberán ser acompañadas por el agregado de fundentes para lograr la calidad de escoria deseada.

Los fundentes se clasifican en:

- Básicos (como la caliza y la dolomita)
- Ácidos (como la gravilla)

Las características que debe reunir la Escoria para alcanzar su máxima eficiencia son, estar completamente líquida a la temperatura de trabajo, tolerar ciertas variaciones en la concentración de sus constituyentes y tener una viscosidad suficientemente baja para que pueda fluir libremente y salir del Alto Horno. Otra característica importante que debe reunir es su capacidad desulfurante, que debe ser elevada, dado que el tenor de azufre del arrabio tendrá un fuerte impacto en la calidad final del acero.

El arrabio se acumula en el crisol del horno, mientras que la escoria sobrenada sobre él por tener menor densidad. La evacuación del arrabio se realiza a través de las piqueras que se encuentran ubicadas en la parte baja del crisol, desfasadas aproximadamente 120° una de otra. Actualmente el colado del alto horno se realiza siguiendo la práctica de crisol vacío, esto implica colar continuamente manteniendo en el crisol un nivel muy bajo de líquido.

De la piquera, el líquido pasa al canal principal de arrabio donde se separa de la escoria al llegar al Skimer. Este último es un dique de contención que por diferencia de niveles permite el pasaje del arrabio por la parte inferior y la separación de escoria por rebalse hacia el canal de escoria que la llevará al granulador. Por su parte, superado el Skimer, el arrabio fluye por un canal llamado secundario que descarga al canal basculante y de este al vagón termo.

Durante el proceso de colado se toma una muestra y se mide la temperatura del arrabio que se destina a cada vagón termo. A la muestra se le realiza un análisis químico completo cuyos datos se utilizan para el control de proceso de Alto Horno y en Acería para iniciar la programación de la aceración de ese arrabio.

Luego el vagón termo pasa por la balanza de arrabio donde se pesa y se tapa para disminuir la pérdida de temperatura y evitar el contacto con el aire (oxidación). De allí el vagón termo se despacha con destino a la Acería.

El producto obtenido del proceso es el arrabio líquido, el mismo es utilizado como materia prima en la acería. La especificación técnica del producto es la siguiente:

#### Composición química y temperatura:

% C	% Si	% Mn	% P	% S	Temp (°C)
4.5 min	0.10– 0.50	0.15 min	0.082 max	0.042 max	1490

Existe un proceso alternativo al de Alto Horno para obtener hierro reducido. Esta tecnología es la llamada "Reducción Directa", que consiste en hacer reaccionar directamente el óxido de hierro con un gas reductor preparado a partir de gas natural. El producto que se obtiene se denomina hierro esponja que es un sólido poroso a diferencia del arrabio que se obtiene en forma de líquido y carburado.

#### Cuadro Comparativo

Proceso de Reducción	Alto Horno	Reducción Directa
Procesos de Aceración	Convertidores de Oxígeno	Horno Eléctrico
Capacidad de Producción Anual	Mayor de 1.500.000 Ton	Menor de 1.200.000 Ton
Inversión Inicial	Mayor	Menor
Costos de Producción (materias primas y energía)	Menor	Mayor
Insumos más importantes	Carbón y Oxígeno	Gas Natural y Energía Eléctrica
Uso de la OT	Ternium Argentina	Siderca (Campana) Sidor (Venezuela) Tamsa (México) Dálmine (Italia)



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

### 4. Aceración y Solidificación

## Capítulo 4. Aceración y Solidificación

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar las diferentes etapas del proceso de fabricación del Acero en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

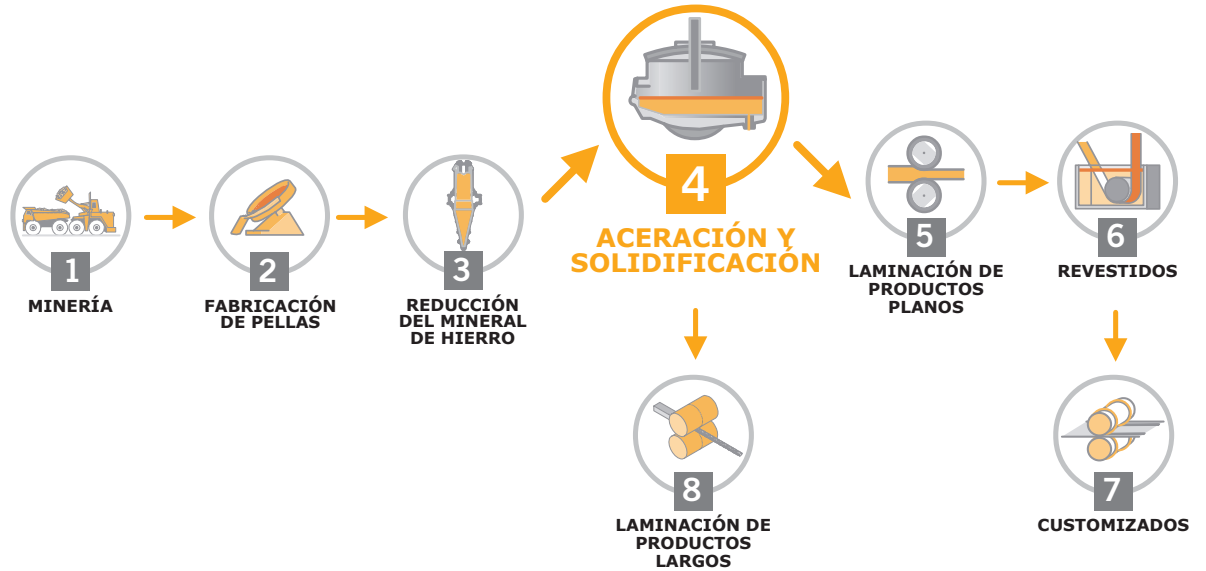
Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>2</b>	<b>I. Generalidades</b>
2	I.i La Aceración y Solidificación en la Fabricación del Acero
2	I.ii Definición de Aceración y Solidificación
3	I.iii Aceración
3	A. Definición
4	B. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium
5	C. Aceración a partir de Arrabio
6	D. Aceración a partir del Hierro de Reducción Directa HRD
7	E. Metalurgia Secundaria
8	I.iv Solidificación
8	A. Definición
10	B. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium
11	C. Colada Continua
12	D. Vaciado por el Fondo
<b>14</b>	<b>1 Ternium Argentina</b>
14	<b>1.1 Introducción a los Procesos de Aceración y Colada Continua</b>
15	<b>1.2 Ubicación y Flujo de los Procesos</b>
16	<b>1.3 Aceración</b>
16	1.3.1 Introducción a los Procesos
17	1.3.2 Descripción de los Procesos
17	1.3.2.1 Preparación de Materias Primas
20	1.3.2.2 Convertidor al Oxígeno
24	1.3.2.3 Afino Secundario en Cuchara
25	1.3.2.4 Metalurgia Secundaria en Horno Cuchara y Estación de Agitado (Trimming)
<b>28</b>	<b>1.4 Colada Continua</b>
28	1.4.1 Solidificación del Acero
29	1.4.2 Introducción al Proceso
30	1.4.3 Descripción del Proceso
34	1.4.4 Productos



## I Generalidades

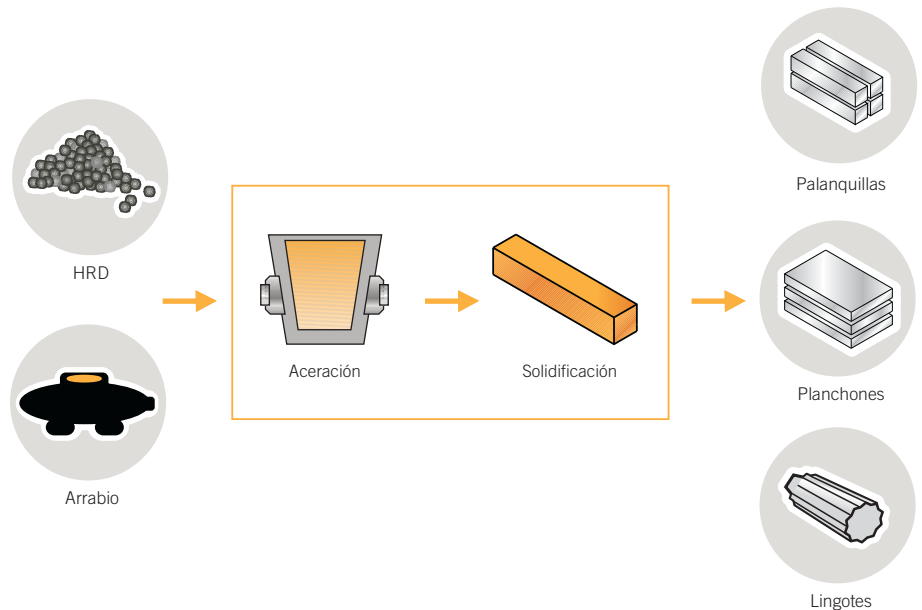
### I.i La Aceración y Solidificación en la Fabricación del Acero

La cuarta etapa de la Fabricación del Acero está comprendida por los procesos de Aceración y Solidificación.



### I.ii Definición de Aceración y Solidificación

Son los procesos destinados a convertir productos de reducción del mineral y otros materiales en Acero líquido con una composición química específica definida en función del tipo de acero a fabricar, a este proceso se le denomina Aceración. Posteriormente en el proceso de Solidificación, el acero líquido es transformado en placas sólidas llamadas Planchones, Palanquillas o Lingotes.



### I.iii **Aceración**

#### **A. Definición**

El proceso de Aceración consiste en la transformación de los productos de reducción en acero líquido, y consta principalmente de dos fases:

- Afino Primario (Fusión)
- Metalurgia Secundaria (Refinación)

#### **Afino Primario**

Es la etapa en donde se funde la carga metálica (materia prima), y se extraen las impurezas presentes en los materiales de la carga. Las operaciones a realizar en esta etapa varían dependiendo la materia prima básica a utilizar:

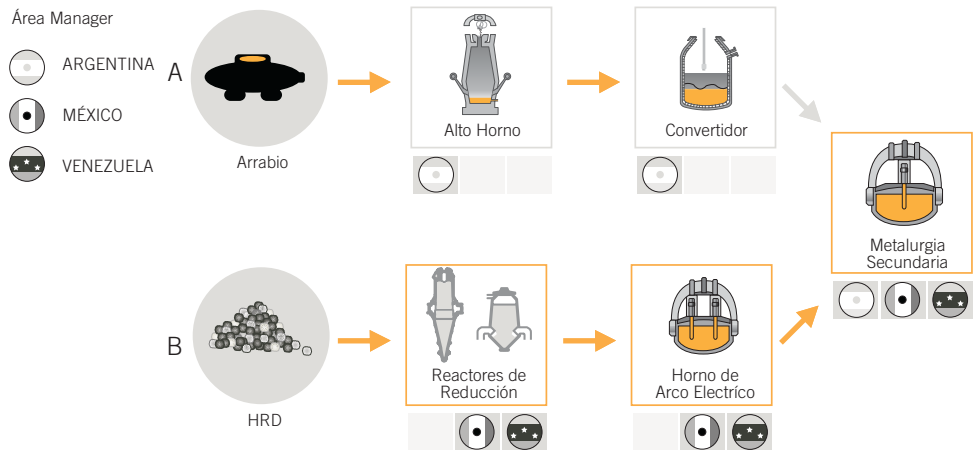
- A.** Arrabio: Si la materia prima es arrabio, se realiza en un convertidor (BOF) donde se inyecta oxígeno a presión y fundentes con el objeto de fundir la carga metálica y causar las reacciones químicas que separan las impurezas en forma de gases y escoria.
- B.** HRD: Si la materia prima es HRD (Hierro de Reducción Directa), se realiza en el Horno Eléctrico de Arco.

#### **Metalurgia Secundaria (Refinación)**

La necesidad de contar con aceros de mejores propiedades físicas, mayor homogeneidad, composición química más controlada, bajos tenores de gases, etc. han llevado a los aceristas a someter al acero líquido a un número creciente de operaciones que le otorgan al acero líquido estas características, a estas operaciones se les conoce como Metalurgia Secundaria o Refinación.

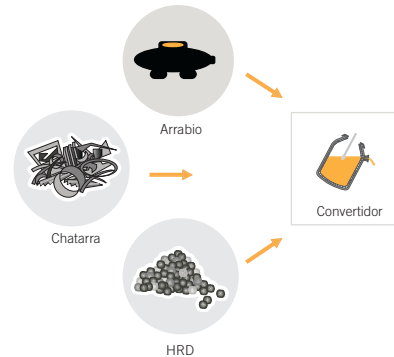
### B. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

El diagrama siguiente muestra el proceso de Aceración en la Fabricación del Acero, así como las Áreas Manager en donde se realiza:



### C. Aceración a partir de Arrabio

El objetivo de los procesos de Aceración es la conversión del Arrabio en Acero mediante una serie de procesos de afino (decarburation, defosforación, desulfuración) y calentamiento.



### Ubicación y Capacidad

Las plantas productoras de acero líquido en Ternium, cuentan con la siguiente capacidad de producción:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
Argentina	La planta de Aceración y Colada Continua se encuentra ubicada en San Nicolás.	La planta de Aceración y Colada Continua, produce 2750 MTon/año de Acero Líquido.

### Secuencia de Fabricación

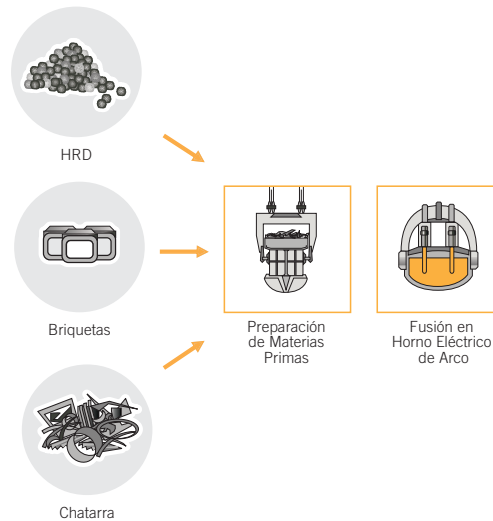
El objetivo de los procesos de Aceración es la conversión del Arrabio en Acero mediante una serie de procesos de afino (decarburation, defosforación, desulfuración) y calentamiento.

Los procesos principales de la Aceración son:

1. Preparación de Materias Primas
2. Convertidor de Oxígeno

**D. Aceración a partir del Hierro de Reducción Directa (HRD)**

El Hierro de Reducción Directa (HRD), fabricado en las plantas de Reducción Directa se obtiene en forma sólida, para elaborar productos laminados debe ser previamente transformado en Acero, fundiéndolo y ajustando su composición química mediante un proceso de Aceración en Horno Eléctrico de Arco.



**Ubicación y Capacidad**

Las Acerías en Ternium, en donde se producen planchones y palanquillas tienen la siguiente capacidad de producción. Los procesos principales de la Aceración son:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
México	En Ternium México se cuenta con tres Acerías.	El total de producción de las tres plantas es de 2284 Mton/año.
	<p><b>Productos Planos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acería 2, ubicada en la Planta Guerrero ubicada en San Nicolás en el estado de Nuevo León.</li> </ul> <p><b>Productos Largos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Largos Apodaca, ubicada en los límites de los municipios de San Nicolás y Apodaca en el estado de Nuevo León.</li> <li>Largos Puebla, ubicada en el Municipio de Xoxtla en el estado de Puebla.</li> </ul>	

Área Manager	Ubicación	Capacidad
Venezuela	Las Acerías de planchones y palanquillas se ubican en Puerto Ordaz, Venezuela.	Ternium Venezuela cuenta con una producción de planchones, palanquillas y lingotes de: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planchones: 3600 MTon/año</li> <li>■ Palanquillas: 1400 MTon/año</li> <li>■ Lingotes: 78 mil Ton/año</li> </ul>

### Secuencia de Operaciones

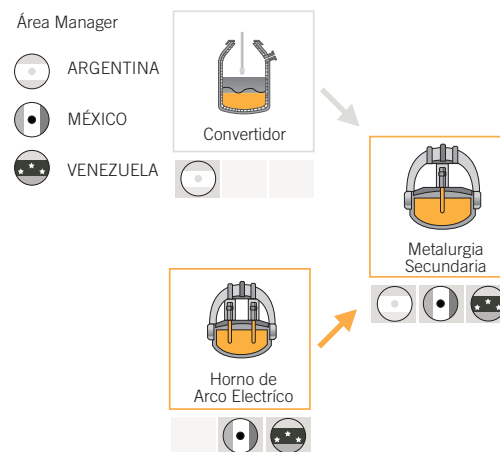
La secuencia de operación que se lleva a cabo para la Aceración es la siguiente:

- 1) Recepción y Preparación de las Materias Primas
- 2) Fusión en Horno Eléctrico de Arco

### E. Metalurgia Secundaria

#### Definición

La Metalurgia Secundaria en Horno Cuchara también conocido como Horno Olla, tiene como objetivos el ajuste final de la composición química del acero a los valores especificados (mediante adición de ferroaleaciones), profundizar la desulfuración del acero, asegurar el tratamiento adecuado para cumplir con las condiciones de calidad exigidas y despachar el acero a la temperatura adecuada para su posterior colado.



Una vez teniendo el acero líquido con las propiedades físicas, químicas y metalúrgicas deseadas, el horno cuchara se transporta a la zona de Colada Continua, donde se procesa el acero para comenzar la solidificación del mismo.

#### **Secuencia de Operaciones**

Las operaciones del proceso de Metalurgia Secundaria pueden ser variables en cada planta, pero en general, se lleva a cabo cumpliendo las siguientes acciones:

- 1) Desoxidación
- 2) Desulfuración
- 3) Ajuste de la Composición Química (Adición de ferroaleaciones)
- 4) Coalescencia y Flotación de Inclusiones
- 5) Homogeneidad Térmica y Química (Agitado de argón)
- 6) Ajuste de la Temperatura Final
- 7) Inyección de Calcio.

Una vez teniendo el acero líquido con las propiedades físicas, químicas y metalúrgicas deseadas, el horno cuchara se transporta a la zona de Colada Continua, donde se procesa el acero para comenzar la solidificación del mismo.

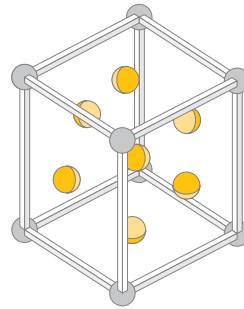
### **I.iv Solidificación**

#### **A. Definición**

La Solidificación es un fenómeno de nucleación y crecimiento a una temperatura adecuada, que al alcanzar dicha temperatura, un conjunto de átomos contiguos toma una posición fija denominada núcleo.

Para el caso del Hierro (Fe) la disposición de los átomos forma una red cristalina cúbica, como la que se representa a continuación. El Carbono (C), dado su menor diámetro atómico, se ubica en los intersticios interatómicos formando la aleación Fe-C (nombre de la aleación).

El fenómeno de nucleación y crecimiento se da en distintos puntos de la masa líquida. De cada núcleo, surgen cristales que forman una red cristalina que aumenta de tamaño. Estas porciones de cristal crecen hasta ser circundadas por otras del mismo origen. Estas partes de la masa de Acero se denominan Granos de Material. Las propiedades mecánicas del Acero dependerán de la forma de los granos y de su estructura cristalográfica.



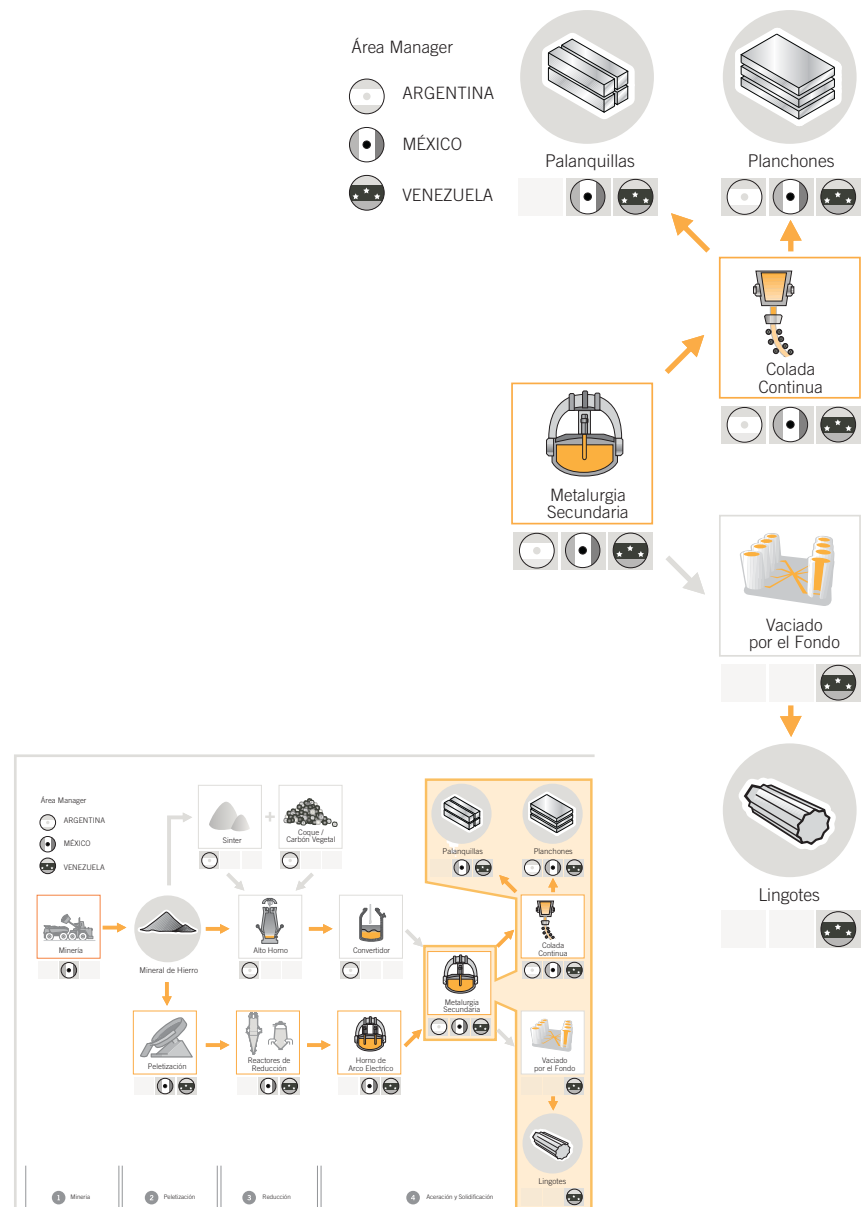


### B. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

En Ternium, la solidificación del acero se realiza utilizando dos técnicas:

- Colada Continua: Se utiliza para producir planchones y palanquillas
- Vaciado por el Fondo: Se utiliza para producir lingotes.

El diagrama siguiente muestra las dos rutas del proceso de Solidificación en las etapas de Aceración y Solidificación en la Fabricación del Acero, así como las Áreas Manager donde se realizan:



### C. Colada Continua

El proceso de Colada Continua consiste en solidificar el acero líquido de manera continua, desde la superficie al centro, obteniendo un planchón en el caso de productos planos o una palanquilla en el caso de productos largos.

Ternium México se ha caracterizado por el desarrollo tecnológico de sus procesos. La incorporación de modernas tecnologías para fabricar acero como es el Minimill de Colada Continua de Planchón Delgado (Thin Slab) para productos planos es un proceso continuo desde el reactor de reducción directa hasta el enrollado del laminador en caliente.

#### Ubicación y Capacidad

Ternium cuenta con máquinas de Colada Continua para producir planchones y palanquillas. La capacidad de producción de estas máquinas es:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
<b>Argentina</b>	Cuenta con una máquina de Colada Continua de dos líneas ubicada en San Nicolás.	La Maquinaria de Colada Continua cuenta con una producción de: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planchones: 2750 Mton/año.</li> </ul>
<b>México</b>	Cuenta con cuatro máquinas de Colada Continua separadas geográficamente en: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Productos Planos:</b> Tiene dos máquinas de Colada Continua ubicadas en Nuevo León.</li> <li>■ <b>Productos Largos:</b> Tiene dos máquinas de Colada Continua ubicadas en Nuevo León.</li> </ul>	Las máquinas de Colada Continua cuentan con una producción de: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Productos Planos:</b> 2481 Mton/año de LAC.</li> <li>■ <b>Productos Largos:</b> : 1338 Mton/año de Palanquilla.</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	Cuenta con tres máquinas de Colada Continua ubicadas en la zona centro-occidental de la planta.	Las Máquinas de Colada Continua cuentan con una producción de: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planchones: 3600 Mton/año</li> <li>■ Palanquillas: 1400 Mton/año.</li> </ul>

### Secuencia de Operaciones

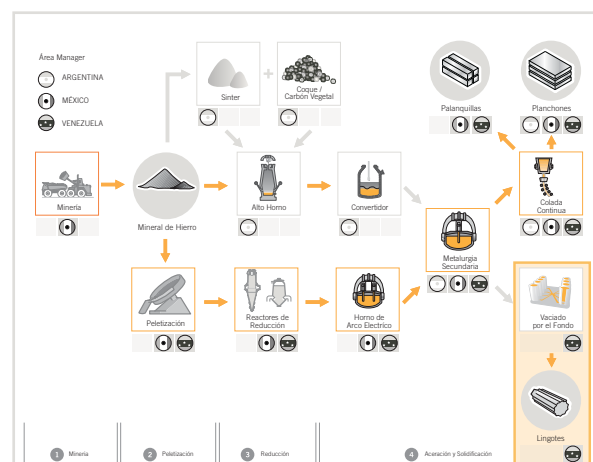
La secuencia de operaciones se puede dividir en las siguientes:

- Carga del Acero al Distribuidor
- Solidificación en Molde
- Enfriamiento del Acero
- Corte y Enfriamiento
- Escarpado de Control o de Reparación

### D. Vaciado por el Fondo

Esta técnica fue utilizada antes del desarrollo de la Colada Continua.

Actualmente, se utiliza en Ternium Venezuela para producir lingotes de gran diámetro (mayor de 500 mm) que no se pueden obtener por el método de Colada Continua.



### Ubicación y Capacidad

Las instalaciones en Ternium, en las que se producción lingotes cuentan con una capacidad de producción de:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
Venezuela	Las instalaciones para la producción de lingotes se encuentran ubicadas en la zona centro-occidental de la planta.	Actualmente se produce aproximadamente: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Lingotes: 78000 toneladas al año.</li></ul>

### Secuencia de Operaciones

Las etapas principales para la fabricación de lingotes son:

- Preparación del Tren
- Colada
- Enfriamiento
- Desmolde
- Acondicionamiento

## 1 Ternium Argentina

### 1.1 Introducción a los Procesos de Aceración y Colada Continua

El objetivo de los procesos de Aceración y Colada Continua es convertir la carga metálica constituida por 80% de arrabio líquido (producido por el Alto Horno) y 20% de carga sólida (principalmente chatarra de acero), en aceros de calidades especificadas en forma de desbastes.



El hierro es un elemento que no se encuentra como tal en la naturaleza, sino en estado de óxido. Obtenerlo puro no es útil industrialmente ya que además de ser un proceso muy costoso, resultaría un material demasiado dúctil y poco resistente. La forma en que se utiliza es vía aleación<sup>1</sup>. De todas las aleaciones industriales, las del hierro-carbono son, sin dudas, las más importantes, no sólo por su bajo costo y abundancia con que existe el mineral de hierro en la tierra, sino en virtud de las extraordinarias propiedades que se logra alcanzar con tales aleaciones.

El arrabio obtenido en el proceso de Reducción es una aleación con alto contenido de Carbono (4 - 4.6%). Esto le confiere propiedades mecánicas que no permiten que sea conformado por Laminación. Por lo tanto es necesario transformarlo en acero reduciendo el porcentaje de Carbono (0.03 – 0.05%C) por medio del proceso de Aceración. El acero es un material dúctil y maleable que permite su Laminación.

En la Aceración se obtiene Acero líquido de determinada composición química. Para obtener posteriormente productos laminados planos se solidifica en la Colada Continua en forma de Desbastes o Planchones.

<sup>1</sup> Aleación: Es un compuesto homogéneo de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal.

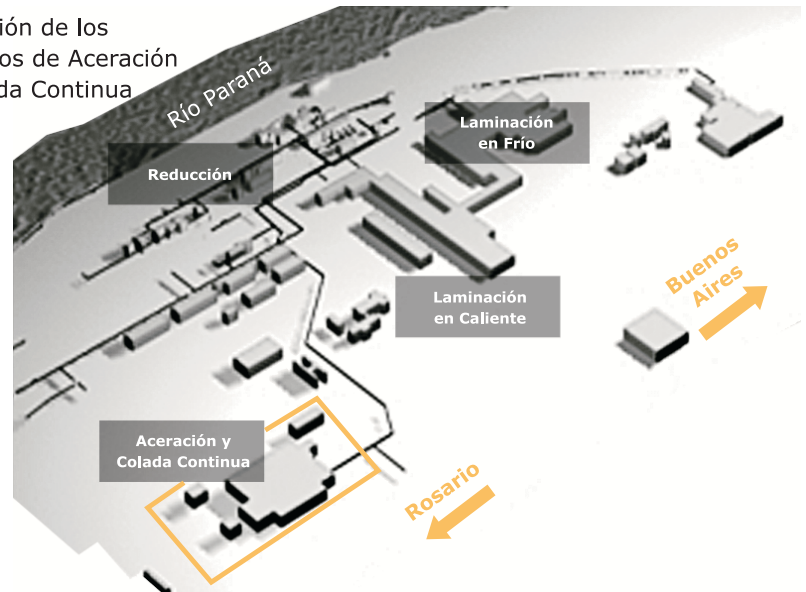
<sup>2</sup> Desbaste o Planchón: También se los suele llamar Slabs.

## 1.2 Ubicación y Flujo de los Procesos

Estos procesos se realizan en la Planta San Nicolás.

### Planta San Nicolás

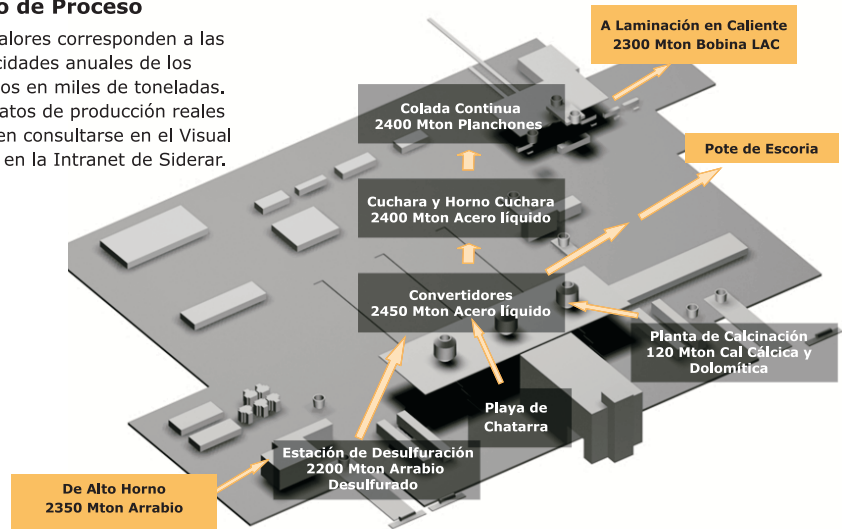
Ubicación de los Procesos de Aceración y Colada Continua



### Aceración y Colada Continua

#### Flujo de Proceso

Los valores corresponden a las capacidades anuales de los equipos en miles de toneladas. Los datos de producción reales pueden consultarse en el Visual Flash en la Intranet de Siderar.



### 1.3 Aceración

#### 1.3.1 Introducción a los Procesos

El objetivo de los procesos de Aceración es la conversión del Arrabio en Acero mediante una serie de procesos de afino (decarburation, defosforación, desulfuración) y calentamiento.



Para esto se realizan los siguientes procesos principales: Preparación de Materias Primas, Convertidor al Oxígeno, Afino Secundario en Cuchara, Metalurgia Secundaria en Horno Cuchara y Estación de Agitado (Trimming). Las materias primas son el arrabio líquido proveniente del Alto Horno, la chatarra y los fundentes. El equipamiento principal de Aceración está compuesto por una Estación de Desulfuración para el tratamiento del arrabio, 3 Convertidores LD con sople combinado LBE de capacidad 200 toneladas cada uno, un Horno Cuchara LF convencional de 35 MVA de potencia y una estación de Agitado o Trimming. De los 3 convertidores disponibles en Ternium argentina, normalmente operan 2 y el tercero está en relining o stand-by. Para la producción actual se necesitan 1.3 convertidores, con lo cual la capacidad de fusión está sobredimensionada.

El producto de la aceración es Acero Líquido. El mix de calidades producidas está compuesto por aceros al carbono y de baja aleación según la siguiente distribución:

- 60% de aceros comerciales
- 25% de aceros de bajo carbono de alta exigencia
- 13% de aceros API y estructurales
- 2% de aceros para piezas críticas

### 1.3.2

#### Descripción de los Procesos

Los procesos principales de la Aceración son:

1. Preparación de Materias Primas
2. Convertidor al Oxígeno
3. Afino Secundario en Cuchara
4. Metalurgia Secundaria en Horno Cuchara y Estación de Agitado (Trimming)

A continuación se describe cada uno de ellos:

#### 1.3.2.1

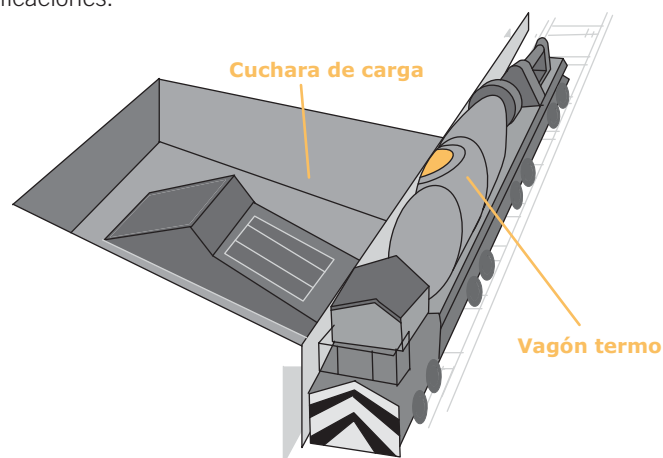
##### Preparación de Materias Primas

Los procesos de preparación de materias primas se realizan en paralelo, ya que se trabaja con distintos materiales (Arrabio, Chatarra, Cales y Materiales crudos). Ellos son:

- a. Vuelco y Desulfuración de arrabio
- b. Preparación de Chatarra
- c. Fabricación de Cales
- d. Utilización de materiales crudos<sup>3</sup>

##### a. Vuelco y Desulfuración:

Desde el Alto Horno llegan vagones termo a la estación de vuelco y descargan el arrabio líquido en un recipiente llamado cuchara de arrabio. A continuación se realiza la desulfuración para lograr niveles de azufre compatibles con las especificaciones.



<sup>3</sup> Se denomina materiales crudos a aquellos materiales que no han sido sometidos a ningún tipo de proceso más allá del acopio, almacenamiento y clasificación por tamaño.



Durante el proceso de vuelco del termo a la cuchara, se toma una muestra del arrabio, se mide su temperatura y se realiza un análisis químico completo de su composición. Con estos datos se determina la cantidad de cal y magnesio que será utilizada en la desulfuración, la cantidad final de arrabio, chatarra y fundentes a volcar en el Convertidor y el oxígeno a soplar en el mismo.

La cuchara de arrabio se coloca en la estación de desulfuración, se cierra el techo y se pone en marcha el sistema de aspiración de gases. Se introduce una lanza refractaria en el baño metálico y se inyecta cal fluidificada (cal finamente pulverizada y con un tratamiento que posibilita su fluidez) y magnesio granulado (90 % de pureza mínima) de manera simultánea denominándose proceso de coinyección.

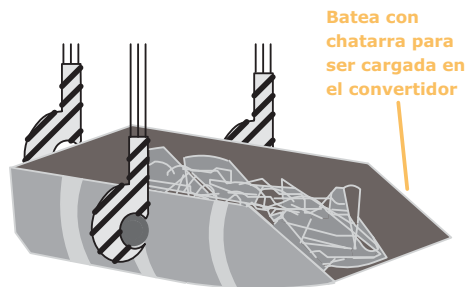
Luego de realizada la coinyección, se procede a retirar la escoria del arrabio, es decir, se eliminan todos los residuos que se produjeron en la desulfuración, ya que si no se retira la escoria, se aumenta el contenido de azufre en el acero.

Esta operación lleva de 5 a 10 minutos. La escoria se deposita en el pote de escoria situado contiguamente a la cuchara de arrabio dentro del recinto de operación.

Finalmente se realiza una nueva toma de muestra para determinar el tenor de azufre y la temperatura.

#### **b. Preparación de la Chatarra**

La chatarra de acero es una de las materias primas que luego se cargarán en el convertidor. La misma actúa como refrigerante cerrando el balance térmico del convertidor y ayuda a proteger el revestimiento refractario, disminuyendo el impacto del arrabio líquido sobre el mismo.



La Chatarra que se utiliza puede ser:

- De Recirculación Interna (proviene de los despuntes, refiles, cortes, etc.)
- Externa

La preparación se realiza cargando a la batea distintos porcentajes de cada tipo de chatarra de acuerdo a un mix, en función del grado de acero y stocks disponibles.

### c. La Calcinación

Las cales son utilizadas como fundentes en distintas etapas del proceso de Aceración para formar escorias con el fin de eliminar impurezas.

La Calcinación es el proceso por el cual se efectúa la descomposición de dos materiales:

- La Caliza (Carbonato de Calcio)
- La Dolomita (Carbonato doble de Calcio y Magnesio)

Las mismas son sometidas a temperaturas de, aproximadamente, 950°C para transformarlas en óxido:

- Caliza en Cal Cálcica (Óxido de Calcio)
- Dolomita en Cal Dolomítica (Óxido de Calcio + Óxido de Magnesio)

El proceso se realiza en Hornos Rotativos. El Horno Rotativo es un cilindro de acero ligeramente inclinado con respecto a la horizontal y que gira alrededor de su eje. Esta cubierto en su interior con ladrillos refractarios para impedir el calentamiento excesivo de la envoltura de acero. El horno se alimenta por el extremo superior. La carga desciende debido a la rotación del horno, siendo levantada por el arrastre del costado ascendente, volviendo a caer y siguiendo una trayectoria en zig zag. El producto caliente sale por el extremo inferior del horno. Para alcanzar la temperatura de descomposición de los carbonatos (950°C) en los hornos de Ternium Argentina se trabaja con una temperatura de llama en el extremo de salida del horno de 1400 – 1500°C para la caliza y de 1350 – 1450°C para la dolomita.

En el siguiente cuadro se detallan las principales funciones de las cales:

Cal Cálcica	Cal Dolomítica
Se utiliza para formar la escoria del Convertidor, para desulfurar y defosforar y para fijar el resto de las impurezas del baño.	Se utiliza para formar la escoria del Convertidor y preservar la vida de los refractarios.

### d. Utilización de Materiales Crudos

Dentro de los materiales crudos utilizados, está el mineral de hierro, el cual cumple la función de cerrar balance térmico. Otro es el manganeso (Mn), que se adiciona cuando el porcentaje de Mn del arrabio líquido es menor a 0.40%, para controlar el nivel de oxidación de la escoria y del acero.

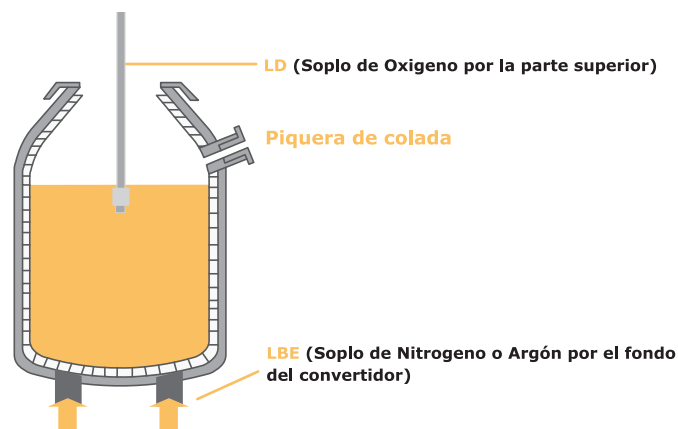
Entre los materiales recirculados, se utiliza la escoria reciclada de convertidores que se adiciona al comienzo del soplo con el objetivo de facilitar la formación de la escoria en los primeros minutos del soplo cuando el contenido de silicio de la carga no produce un volumen mínimo de escoria para evitar desposición de proyecciones de metal y escoria sobre las lanzas de oxígeno.

### 1.3.2.2 Convertidor al Oxígeno

El Convertidor es un reactor en el cual, mediante un proceso de oxidación (inyección de oxígeno) y la generación de escoria por la adición de fundentes, es posible disminuir el contenido de carbono del arrabio y eliminar elementos indeseables como azufre y fósforo. El tenor de Carbono desciende de niveles de 4 - 4.6% al rango 0.03 - 0.05% de C. El proceso de oxidación es exotérmico y autosostenido (no requiere aporte de energía externa). Por lo tanto la carga del convertidor se completa con Chatarra para cerrar el balance de masa y energía, es decir obtener los niveles deseados de los componentes y la temperatura final del acero necesaria para procesarlo en el Horno Cuchara.

En el Convertidor LD – LBE es posible obtener una mayor eficiencia de las reacciones antes mencionadas mediante la inyección de Nitrógeno o Argón a través del fondo, simultáneamente al soplo con Oxígeno por la parte superior.

El proceso de carga al Convertidor se inicia con la chatarra. Luego se vuelca el

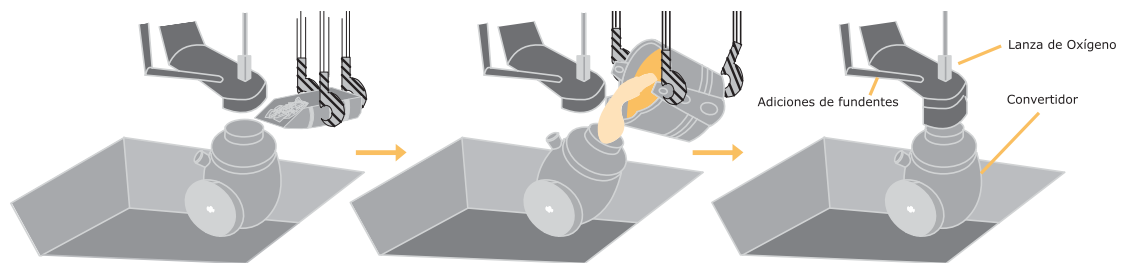


arrabio líquido previamente desulfurado. La cantidad de Arrabio Líquido y Carga Fría (Chatarra + Arrabio sólido) a cargar en el Convertidor se calcula partiendo del Análisis químico del Arrabio y su Temperatura. De la misma forma se obtiene la cantidad de cales, mineral de hierro y manganeso, que complementa la carga.

La capacidad de los convertidores es de, aproximadamente 200 toneladas, y están revestidos con paredes refractarias. La carga metálica es aproximadamente un 80% de Arrabio líquido y 20% de Chatarra.

Luego se inyecta oxígeno, por medio de una lanza<sup>4</sup> desde la boca del convertidor, suspendida fuera del baño, (durante aproximadamente 16 minutos) para oxidar los constituyentes del arrabio, como el carbono, el fósforo, el silicio y el manganeso. (El silicio, por ejemplo, se reduce de 0,30% a valores que rondan el 0%).

El fósforo y el azufre se consideran impurezas y, por sus efectos adversos sobre las propiedades del acero, se trata de disminuirlos al máximo posible. Para re-



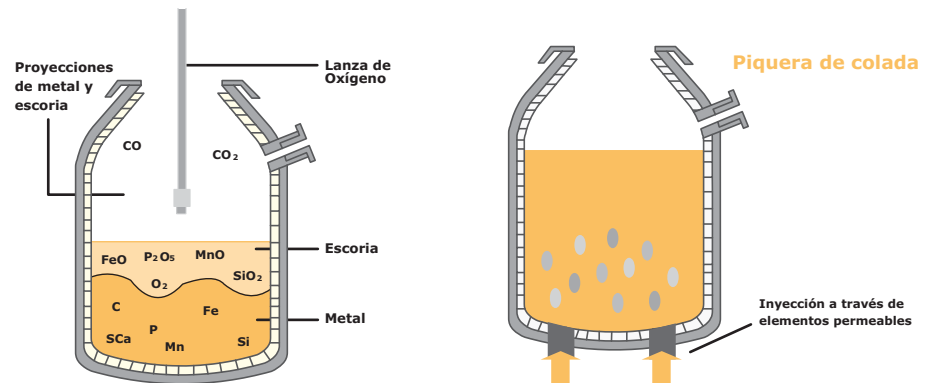
ducir el tenor del azufre y del fósforo, se generan escorias metalúrgicamente activas mediante la adición de fundentes (óxidos de calcio y magnesio).

Las oxidaciones que se producen son reacciones químicas exotérmicas que proporcionan la energía necesaria (calor) para elevar la Temperatura del baño líquido a un rango entre 1635°C y 1670°C, según el grado del acero, y fundir la carga fría.

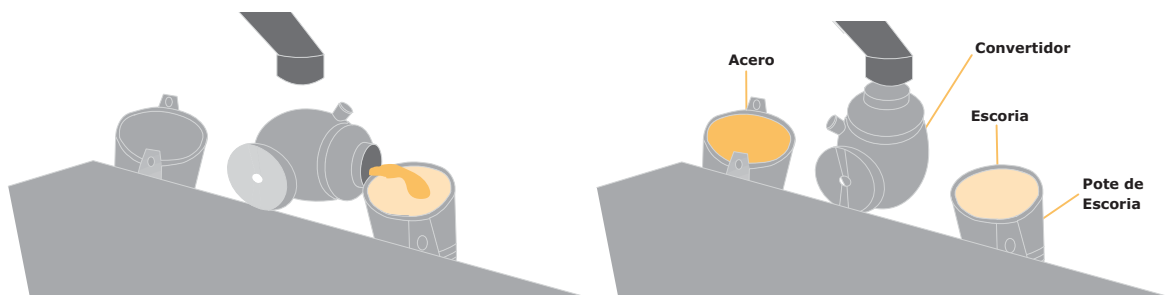
Esta es la característica que hace que el proceso no necesite aporte de energía extra. Este tipo de proceso, se denomina Autosostenido. Todos los elementos (a excepción del azufre) se oxidan en presencia del oxígeno que se inyecta en el convertidor; tanto los elementos no deseados como también el hierro (que se oxida parcialmente).

El monóxido y dióxido de carbono generados por la oxidación del C, se liberan como gases. El resto de los óxidos formados, pasan a formar parte de la escoria y el azufre reacciona con las cales, formando compuestos que se incorporan también a la escoria.

<sup>4</sup> La lanza es un tubo refrigerado por agua de 21 metros de largo y 30 cm de diámetro con la cabeza de cobre de alta pureza. El caudal de Oxígeno que se sopla es: 570 Nm<sup>3</sup>/min para lanzas de 5 orificios y 620/635 Nm<sup>3</sup>/min para las de 6 orificios.



Juntamente con el sople de oxígeno se realiza la inyección de gas inerte por el fondo del convertidor a través de elementos permeables. Esto favorece el control del nivel de oxidación del metal y la escoria y mejora la interacción entre ambos, con lo que se logra favorecer las reacciones de defosforación, desulfuración y un menor nivel de oxidación del acero y de la escoria. Además, tiende a obtener un mejor equilibrio entre el metal y la escoria que en los procesos soplados únicamente por arriba. Esta combinación de soplos con oxígeno y gases inertes (Nitrógeno y/o Argón), constituye el sople combinado, que en el caso de Ternium Argentina se le denomina: Lance Bubling Equilibrium (LBE). También se favorece la homogenización de la temperatura y composición química del baño. El tiempo de proceso total<sup>5</sup> en el Convertidor dura entre 33 y 36 minutos. Finalizado el mismo se extrae una muestra para análisis químico y se toma la temperatura con termocuplas descartables. Una vez finalizado este proceso se bascula el Convertidor y a través de la piqueta, se vuelca el baño metálico sobre la cuchara de acero en la que se realizará posteriormente otro de los procesos de la Aceración: El Afino Secundario.



Para efectos de evitar el pasaje de escoria desde el Convertidor a la Cuchara, se utiliza un sistema denominado dardo Mannesmann que consiste en una pieza refractaria de forma cónica, con ranuras (dardo), que permite al final del colado, obturar la piqueta y drenar el acero remanente hacia la Cuchara. El principio de funcionamiento de este equipo se basa en que la pieza refractaria tiene una densidad tal que flota entre el acero y la escoria.

<sup>5</sup> Tiempo de Proceso Total: Es el tiempo transcurrido desde la carga del convertidor hasta su descarga.

En el siguiente cuadro se muestran las reacciones químicas que se producen dentro del Convertidor y la composición aproximada del acero al fin de soplo.

Arrabio (inicio del proceso en el convertidor)		Reacciones metalúrgicas en el convertidor	Acero (fin soplo)
Temperatura	1350 °C <sup>6</sup>	Aportan calor para fundir chatarra a excepción del azufre	1335°C <sup>6</sup>
% Fe	94.45	$\text{Fe} + 1/2 \text{O}_2 \rightleftharpoons (\text{FeO})$	99.77
% C	4.65	$\text{C} + 1/2 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}$ (90%) $\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$ (10%) $\text{C} + (\text{FeO}) \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Fe}$	0.03 -----
% Si	0.50	$\text{Si} + \text{O}_2 \rightleftharpoons (\text{SiO}_2)$ $\text{Si} + 2(\text{FeO}) \rightleftharpoons (\text{SiO}_2) + 2 \text{Fe}$	
% Mn	0.30	$\text{Mn} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons (\text{MnO})$ $\text{Mn} + (\text{FeO}) \rightleftharpoons (\text{MnO}) + \text{Fe}$	0.17
% P	0.07	$\text{P}_2 + 5/2\text{O}_2 \rightleftharpoons (\text{P}_2\text{O}_5)$ $\text{P}_2 + 5(\text{FeO}) \rightleftharpoons (\text{P}_2\text{O}_5) + 5\text{Fe}$ $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{Oca} \rightleftharpoons (\text{P}_2\text{O}_5)(\text{Oca})_3$	0.015
% S	0.030	$\text{S} + (\text{Oca}) \rightleftharpoons (\text{Sca}) + 1/2 \text{O}_2$	0.015
Ppm O	-----		400/600

A continuación, se muestran los símbolos químicos y los nombres de los elementos y compuestos que intervienen en los procesos en el Convertidor.

Símbolo	Nombre químico
C	Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
Fe	Hierro
FeO	Óxido de Hierro u Óxido Ferroso
Mn	Manganeso
MnO	Óxido de Manganeso
Oca	Óxido de Calcio (Cal)
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de Difósforo
Sca	Sulfuro de Calcio
Si	Silicio
SiO <sub>2</sub>	Óxido de Silicio

<sup>6</sup> Esta temperatura es la del inicio en el proceso del convertidor. Recordemos que del Alto Horno sale a 1480° - 1500°C.

### 1.3.2.3 Afino Secundario en Cuchara

El afino secundario en cuchara tiene por objetivos: bajar el contenido de Oxígeno del acero producido en el convertidor, hacer el ajuste inicial de la composición química del acero, homogenizar la temperatura y análisis químico, desoxidar la escoria y favorecer la eliminación de inclusiones.

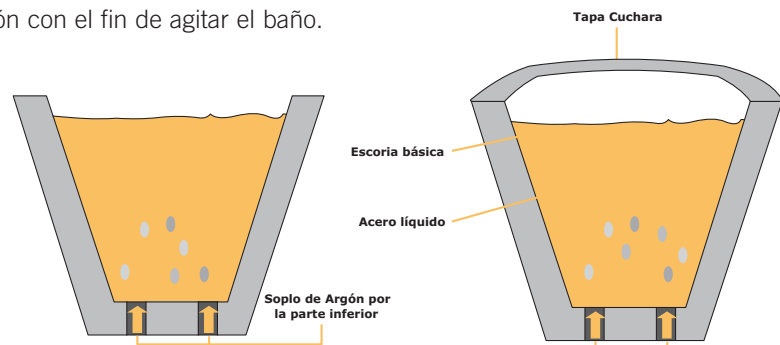
Los procesos de Afino Secundario en cuchara son:

- Desoxidación
- Adición de escoria sintética
- Adición de ferroaleaciones

A continuación, se detallan las etapas asociadas a dichos procesos.

El proceso de Desoxidación comienza con una pre-desoxidación con coquecillo para bajar el nivel de oxidación del acero, generando un gas: Monóxido de Carbono (CO), que no se incorpora al acero, lo que genera menor cantidad de productos de desoxidación sólidos ( $Al_2O_3$ : Alúmina), al permitir bajar la adición de aluminio.

Mientras se cuele el acero desde el Convertidor a la Cuchara, comienza el agregado de cales y bauxita<sup>7</sup> (esta última, según los grados del acero puede reemplazarse por escoria reciclada de cuchara) para formar escoria sintética, además de aluminio, recarburantes y ferroaleaciones. Luego inicia el soplo de Argón con el fin de agitar el baño.



El aluminio se adiciona para que reaccione con el exceso de oxígeno y actúe como aleante. El óxido de aluminio formado, pasa a la escoria. Se completa el agregado de las cales formadoras de escoria, se tapa la Cuchara y se continúa con el agitado de Argón para homogeneizar térmica y químicamente el acero y favorecer la flotación de impurezas.

La temperatura que alcanza el acero en el Convertidor al final del soplo (aprox. 1635 a 1670°C), desciende aproximadamente a un rango 1580 – 1600°C al culminar todas las operaciones en Cuchara.

El acero en la Cuchara es transportado al próximo proceso de la Aceración: El Horno Cuchara.

<sup>7</sup> Bauxita: Óxido de Aluminio hidratado.

#### 1.3.2.4 Metalurgia Secundaria en Horno Cuchara y Estación de Agitado (Trimming)

La necesidad de contar con aceros de mejores propiedades físicas, mayor homogeneidad, composición química más controlada, bajos tenores de gases, etc. han llevado a los aceristas a someter el acero líquido a un número creciente de operaciones. Estas se conocen en su denominación más general como metalurgia de cuchara, aunque algunos prefieren llamarlas metalurgia fuera del horno y otros Aceración Secundaria (Secondary Steel Making).

La utilización del Horno Cuchara es un proceso que en Ternium Argentina se incorporó en el año 1995.

Los objetivos de este proceso son:

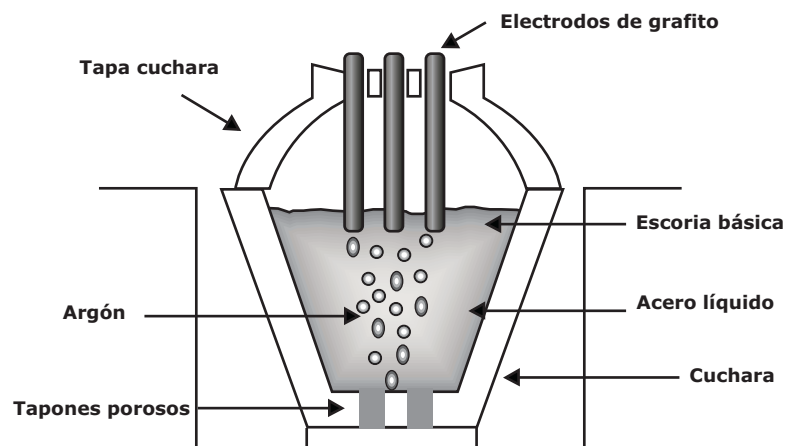
- Continuar ajustando la composición final del acero.
- Permitir trabajar con temperaturas menores en el proceso anterior en Convertidor, extendiendo su vida útil, ya que en el Horno Cuchara es posible aumentar la temperatura del acero.

En el Horno Cuchara se realizan sobre el acero los siguientes procesos:

- Calentamiento
- Adición de ferroaleaciones
- Desulfuración
- Flotación de inclusiones

A continuación se describen los procesos:

El Horno Cuchara está compuesto por la Cuchara propiamente dicha (el cuerpo del horno) y por una bóveda (tapa del mismo). Se coloca la Cuchara debajo de la Bóveda del Horno Cuchara. A través de la misma se bajan 3 electrodos de grafito por los que se hace pasar corriente con muy alto amperaje con el fin de aumentar la temperatura hasta los 1600°C.



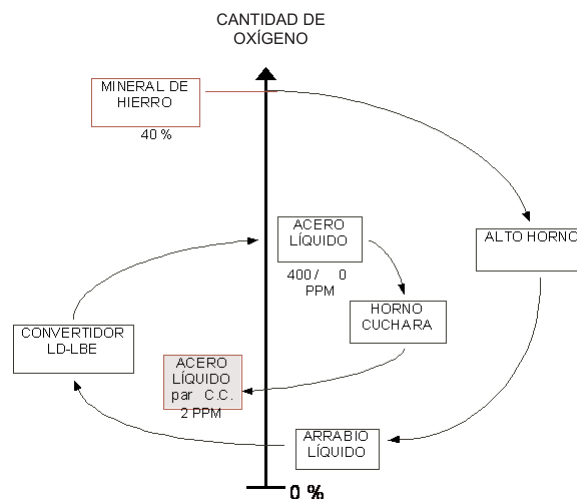


Luego se adicionan los siguientes elementos para ajustar la composición química:

- Elementos formadores de escoria: Cal Cálctica, Cal Dolomítica, Bauxita
- Carburantes: Coquecillo, Residual de Petróleo desgasificado
- Ferroaleaciones:
  - Comunes: ferromanganeso, ferrosilicio
  - Especiales (Se cargan de acuerdo al acero que se vaya a producir): Ferroniobio, Ferrotitanio, Ferrovanadio, Ferroboro y otras

Con el fin de homogeneizar el baño se inyecta Argón a través de 2 tapones porosos que poseen las cucharas de acero. El objetivo del agitado, si el mismo es fuerte, es el de favorecer el mezclado de las adiciones, la homogeneización química y de la temperatura, mejorar la desulfuración e inclusive reducir la temperatura. Si el agitado es suave, su finalidad es la de ayudar a la flotación de inclusiones y la de continuar con la homogeneización del baño pero con una pequeña caída de temperatura. Finalmente, la cuchara, se transporta a la Estación de Agitado conocida como Trimming, donde se le realiza un agitado suave con Argón (15 a 20 minutos) para completar la etapa de flotación y eliminación de inclusiones. Además, al final del proceso, se inyecta calcio envainado para transformar el resto de las inclusiones a fase líquida y asegurar una buena colabilidad del acero. Se obtienen así, los requerimientos de calidad que aseguran un adecuado nivel de limpieza en el acero. La cuchara se transporta luego a la zona de Colada Continua, donde se procesa el acero para comenzar la Solidificación del mismo.

El esquema resume en forma cualitativa la evolución del contenido de oxígeno desde el mineral de hierro hasta la transformación en acero:



Entre las variantes tecnológicas en el mundo respecto a los procesos de Acerción de Ternium Argentina se destacan:

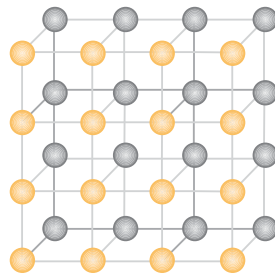
- Convertidores con analizadores de gases para lograr un control dinámico y mejor acierto de composición y temperatura al fin de soplo.
- Convertidores con sublanza para tomar muestra y temperatura del baño durante el soplo para aumentar acierto al fin de soplo.
- Horno de vacío para fabricar aceros de muy bajo Carbono
- Equipo Sonic Meter para control de desbordes del Convertidor 1 por señal acústica.
- Proceso de slag-splashing que consiste en soplar nitrógeno sobre la escoria a través de la lanza de soplo de oxígeno luego del colado en el Convertidor con el propósito de cubrir el refractario con la escoria y aumentar su vida útil.

## 1.4 Colada Continua

### 1.4.1 La Solidificación del Acero

La solidificación es un fenómeno de nucleación y crecimiento, es decir al alcanzar la temperatura de solidificación un conjunto de átomos contiguos toma una posición fija denominada núcleo. A partir de ellos se genera un crecimiento tridimensional ordenado. Los átomos de los metales, al solidificar, se ordenan según determinadas direcciones adoptando configuraciones geométricas definidas y distintas que los diferencian. Para el caso del hierro la disposición de los átomos forma una red cristalina cúbica. El Carbono, dado su menor diámetro atómico, se ubica en los intersticios interatómicos formando aleación Fe-C. El fenómeno de nucleación y crecimiento se da en distintos puntos de la masa líquida.

De cada núcleo, surgen cristales que forman una red cristalina que va aumentando el tamaño. Estas porciones de cristal crecen hasta ser circundadas por otras del mismo origen. Estas partes de la masa de acero se denominan granos de material. De la forma de los granos y de su estructura cristalográfica, que varía durante los procesos de laminación, dependerán las propiedades mecánicas del acero (o sea las respuestas a las acciones físicas sobre él).

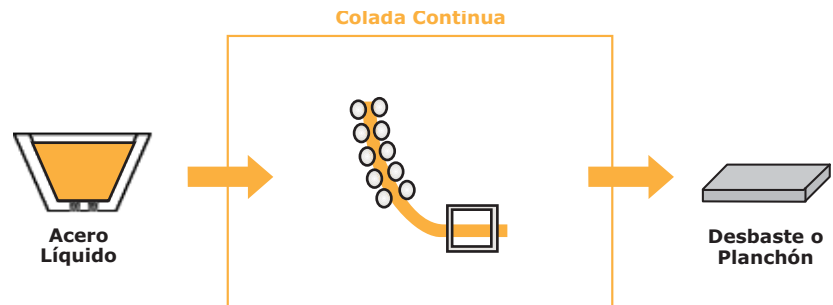


Representación esquemática de la red cristalina cúbica

Si bien la red cristalográfica de los aceros es cúbica, existen variantes en su configuración que dependen de la temperatura del mismo y del porcentaje de Carbono: Cúbica Centrada en el Cuerpo y Cúbica Centrada en las Caras. La primera ocurre al solidificar entre los 1530°C y los 1400°C, mientras la segunda se presenta entre los 1400°C y aproximadamente los 850°C denominándose austenita. Por debajo de los 850°C se llama ferrita y vuelve a ser Cúbica Centrada en el Cuerpo.

### 1.4.2 Introducción al Proceso

El objetivo del proceso de Colada Continua es solidificar el acero líquido de manera continua, desde la superficie al núcleo obteniéndose un planchón o desbaste.

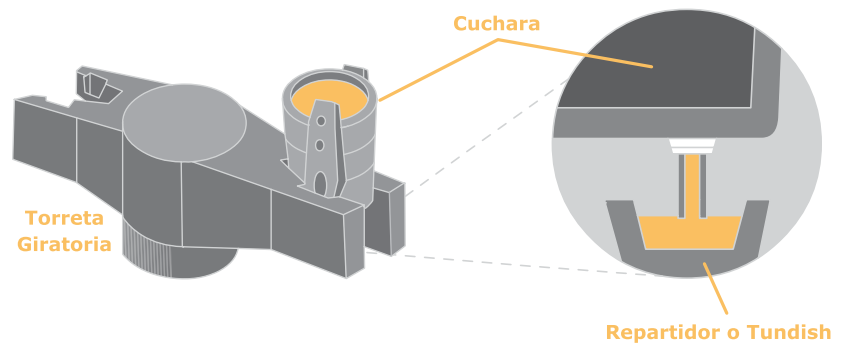


La materia prima que ingresa es acero líquido calmado (2 a 8 ppm de oxígeno), con una composición química que varía en función del grado del acero. En Argentina se producen aceros de bajo y medio carbono, aceros API y aceros microaleados. Los productos son planchones o desbastes de acero con espesor de 200 mm ancho entre 730 y 1650 mm y largo entre 5200 y 12000 mm. El equipamiento es una Máquina de Colada Continua Tipo Concast que consta de dos líneas, moldes de tipo curvo con una longitud de 900 mm. Es el cuello de botella de la producción de Ternium Argentina, que fue diseñada para producir 650 Mil toneladas/año pero, a través de un plan importante de inversiones se aumentó su capacidad original de diseño a 2,85 millones de toneladas por año.

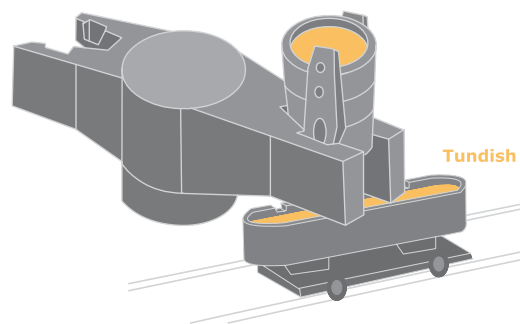
La velocidad máxima del proceso es de 1.9m/min. Tiene una capacidad de producción de 2,85 Millones de toneladas/año de planchones.

### 1.4.3 Descripción del Proceso

Luego de que se ajustó la composición química del acero en el proceso de aceración, comienza la solidificación del mismo en la máquina de Colada Continua. La cuchara proveniente del Horno Cuchara se posiciona en la plataforma superior de la máquina, sobre un dispositivo llamado torreta giratoria. La desarga de la cuchara es a través de un orificio ubicado en el fondo llamado buza externa y es protegido contra la oxidación por un tubo refractario.

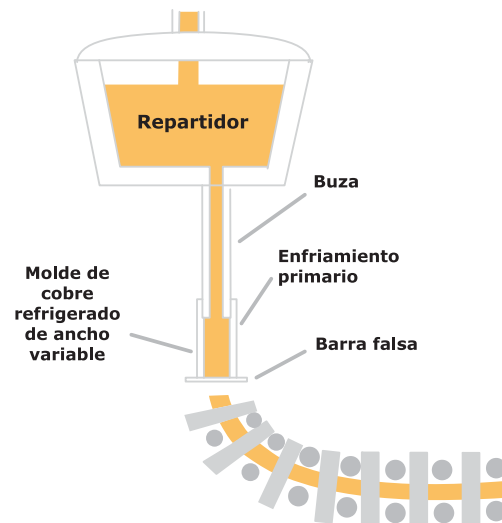


IMPORTANTE: tanto la Cuchara como el Tundish se encuentran tapados en la realidad.



El acero líquido que sale de la cuchara pasa al repartidor o tundish, cuya función es alimentar las dos líneas de colada continua y permitir el cambio de cuchara. El acero de alta limpieza interna tiene muy bajos niveles de oxígeno (2 ppm), si entrase en contacto con la atmósfera se reoxidaría, ya que ésta contiene 21% de oxígeno, lo que generaría inclusiones (óxidos atrapados).

Para prevenir esto, el acero líquido debe ser protegido del contacto con la atmósfera durante todo el proceso de colado. Entre la cuchara y el tundish se coloca un tubo de material refractario con inyección de un gas inerte (Argón) y en el repartidor, el acero es cubierto con una capa de material aislante (usualmente cáscara de arroz calcinada) para minimizar las pérdidas de temperatura y evitar su oxidación.



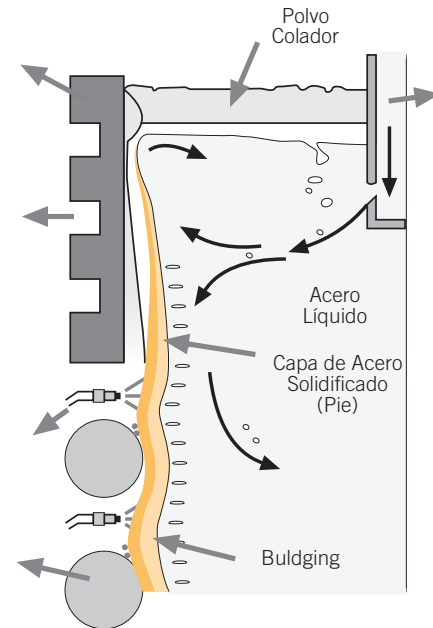
Del tundish el acero ingresa a los moldes que definen el ancho y el espesor de los planchones, productos finales del proceso de Colada Continua. Los moldes constituyen el corazón de la máquina, allí se define la calidad superficial y sub-superficial. Los mismos son de Cobre recubiertos en Níquel y refrigerados internamente por agua, de modo de producir una rápida solidificación formando una piel sólida. Para el arranque de una colada, los moldes son cerrados en su fondo con un dispositivo denominado barra falsa.

Aquí también, para evitar la oxidación, el acero es transferido del repartidor al molde a través de tubos (buzas) y dentro del molde se cubre con un polvo denominado "polvo colador". El polvo colador<sup>8</sup> tiene además como función principal actuar como lubricante entre el molde y la piel de acero.

El polvo al fundirse, genera una escoria líquida con las propiedades de aislamiento, lubricación y regulación de la transmisión de calor deseadas, lo cual define la calidad superficial y subsuperficial de los aceros. Por ejemplo, en el caso de los aceros peritéticos (con contenidos de Carbono entre 0.09 y 0.13%), se busca formar con los polvos coladores escorias cristalinas que retarden la transmisión de calor, pues estos aceros contraen un 3,5% más en volumen generando tensiones internas y necesitan una extracción de calor más lenta.

<sup>8</sup> Los polvos coladores son escorias sintéticas hechas de una mezcla homogénea de minerales: Sílica (SiO<sub>2</sub>), Cal (CaO), Oxido de sodio (Na<sub>2</sub>O), Fluorita (CaF<sub>2</sub>), Carbón (C). Los parámetros físicos más importantes que definen las propiedades de los polvos coladores son: la temperatura de solidificación, la viscosidad, la velocidad de fusión y la granulometría.

El siguiente gráfico muestra un corte esquemático de la solidificación en el molde:

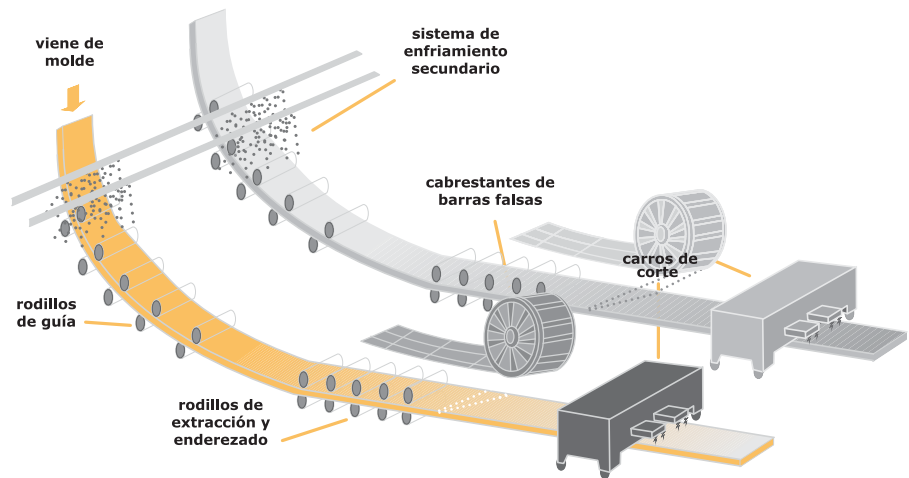


El control del flujo de acero desde el tundish al molde, se realiza con una barra taponadora. Su control es importante ya que define el nivel de turbulencia del acero dentro del molde y consecuentemente la posibilidad de que se arrastre polvo colador, generando inclusiones.

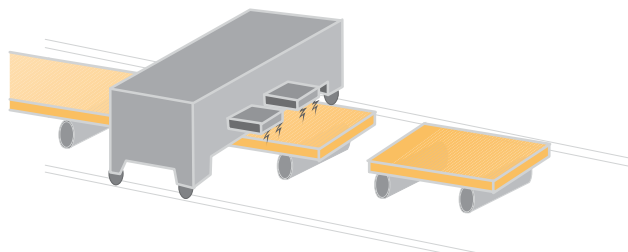
Los moldes están sometidos a un movimiento de oscilación vertical para lograr una mejor acción de lubricación del polvo colador entre ellos y la piel de acero solidificada. La oscilación es de tipo sinusoidal y la frecuencia y amplitud del movimiento tienen una gran influencia en la seguridad operativa y la calidad del material. Una perforación de la piel o breakout, produciría el derrame del acero líquido contenido en el interior de la máquina, lo que dañaría severamente la máquina de Colada Continua, impidiendo la continuidad operativa con las consecuentes pérdidas de productividad.

Esto usualmente se produce cuando el acero que está solidificando toma contacto directo con la pared del molde generándose lo que se llama un "pegado" (sticker). Para prevenir breakouts se mide la temperatura en las paredes del molde con termocuplas. Mediante el procesamiento digital de estas temperaturas se controla la velocidad de colado, evitando la formación de stickers, este es el sistema denominado MSD (Mold Sticker Detector).

El acero fuera del molde es contenido por un falso molde denominado grilla que evita que la piel solidificada se deforme abarrilándose (bulging), teniendo además en esta zona una intensa refrigeración a través de picos rociadores con agua.



A continuación de la grilla, el acero solidificado en su exterior es contenido para evitar su deformación mediante el empleo de rodillos guía. Durante esta etapa, el acero es enfriado fuertemente con agua en el llamado enfriamiento secundario. En función del tipo de acero, existen diferentes patrones de enfriamiento a utilizar. De esta forma, el acero desciende en forma curva comenzando el ingreso a la zona de enderezado hasta adoptar la posición horizontal. Una vez que sale de la máquina de colada continua, el acero está totalmente solidificado. Un aspecto importante relacionado con la calidad, es la alineación de la máquina, para evitar zonas de alta deformación que generen grietas. Para esto la máquina se alinea respecto de sus radios de curvatura teóricos con una tolerancia inferior a  $\pm 0,5$  mm. Al final de cada línea, el acero solidificado, es cortado con sopletes para dividirlo en planchones con las dimensiones especificadas.



Una vez cortados los planchones o piezas individuales, los mismos continúan el proceso sobre un camino de rodillos, donde ambas líneas confluyen a una única de salida. Luego pasan por una rebabadora, donde se eliminan los restos



dejados durante el corte de las piezas (rebaba), son pesados e identificados mediante un spray de Al- Cu fundido, para su posterior rastreabilidad. Al final de la línea los planchones son apilados en forma automática para luego ser llevados a las pilas de enfriamiento o a los vagones de despacho según sea el caso. En función del grado del acero y la aplicación, los planchones pueden ser:

- Enviados Calientes directamente al Laminador en Caliente o enfriados con agua (Calidades Comerciales y Hojalata)
- Enfriados al Aire (Calidades API y Estructurales)

Dependiendo del grado, uso final y resultados de inspecciones superficiales, se realiza un proceso de testeo y reparación por escarpado. Este consiste en el flameado con oxi-gas de la superficie del planchón para eliminar depresiones, grietas o atrapés (superficiales o sub-superficiales) de escoria o gases.

La calidad interna de los planchones es analizada, mediante muestras atacadas con ácido para determinar la presencia de grietas o poros. Esta defectología está normalmente asociada a problemas en la alineación de la máquina o deformación de los rodillos. Las máquinas de Colada Continua han ido evolucionando en su construcción pasando desde las completamente verticales hasta máquinas que han disminuido su altura. Las más modernas son las que tienen un tramo recto y luego uno curvo (Usiminas y Tubarao en Brasil; LTV en USA). Estas permiten colar acero de alta calidad con elevadas productividades. Otra evolución ha sido la introducción del sistema de molde oscilante, los mecanismos de movimiento que pasaron del mecánico al hidráulico y posteriormente al resonante, que permite la variación del movimiento durante el colado, mejorando la calidad superficial (Usiminas y Tubarao).

#### 1.4.4 Productos

##### Destinos

Los planchones siguen el proceso en Ternium Argentina al Laminador en Caliente. Se han efectuado exportaciones a distintos países (USA, China, Canadá, etc) para usos finales diversos (Hojalata, laminados en frío y caliente y revestidos).

##### Dimensiones Estándar

Los planchones se fabrican en espesores de 200 mm. Anchos entre 730 y 1650 mm y largo entre 5200 y 12000 mm.

**Aplicaciones**

Los desbastes obtenidos por el proceso de Colada Continua, que cumplen con los requerimientos de limpieza interna y calidad superficial aptos para ser relaminados, destinados a satisfacer una amplia gama de productos planos, tales como Aceros Embutibles, Uso automotriz, Hojalata, Revestidos, Pre-pintados, Estructurales, Tubos para oleoductos (API), etc.



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

5. Laminación de Productos Planos

## Capítulo 5. Laminación de Productos Planos

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar las diferentes etapas del proceso de Laminación Productos Planos en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

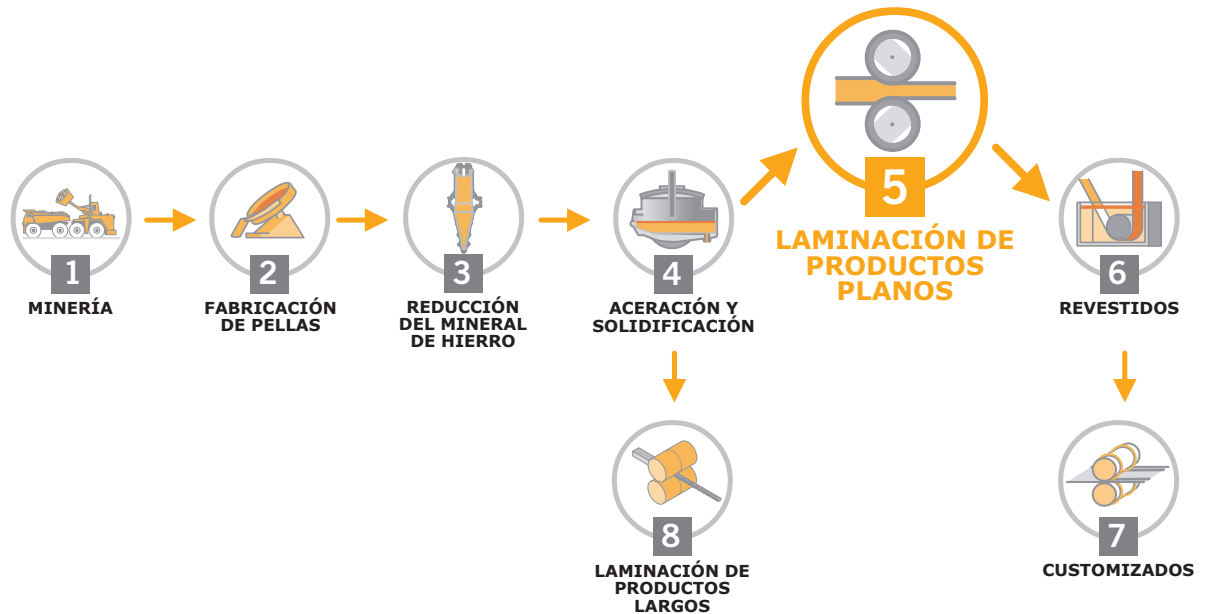
Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>3</b>	<b>I. Generalidades</b>
<b>3</b>	<b>I.i Laminación de Productos Planos en la Fabricación del Acero</b>
<b>3</b>	<b>I.ii Visión General del Proceso de Laminación</b>
<b>3</b>	A. Principio de Laminación
<b>4</b>	B. Configuración de los Laminadores
<b>5</b>	C. Esfuerzos de Compresión y Tracción
<b>6</b>	D. Procesos Básicos de Laminación
<b>6</b>	E. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium
<b>7</b>	<b>I.iii Laminación en Caliente</b>
<b>7</b>	A. Definición del Proceso de Laminación en Caliente
<b>8</b>	B. Ubicación y Capacidad
<b>8</b>	C. Cambios Microestructurales
<b>9</b>	D. Laminación en Caliente Convencional
<b>10</b>	E. Laminación en Caliente Continua de Planchón Delgado (Minimill)
<b>11</b>	F. Skin Pass
<b>11</b>	<b>I.iv Laminación en Frío</b>
<b>11</b>	A. Definición del Proceso de Laminación en Frío
<b>12</b>	B. Ubicación y Capacidad
<b>12</b>	C. Secuencia de Operaciones
<b>13</b>	<b>1 Ternium Argentina</b>
<b>13</b>	<b>1.1 Laminación en Caliente</b>
<b>13</b>	1.1.1 Introducción al Proceso
<b>14</b>	1.1.2 Ubicación y Flujo del Proceso
<b>15</b>	1.1.3 Descripción del Proceso LAC
<b>16</b>	1.1.3.1 Recalentamiento del Planchón
<b>17</b>	1.1.3.2 Desbastado del Planchón
<b>17</b>	1.1.3.3 Laminado de terminación de la Chapa
<b>18</b>	1.1.3.4 Enfriamiento
<b>19</b>	1.1.3.5 Bobinado
<b>19</b>	1.1.3.6 Temperado
<b>20</b>	1.1.3.7 La estructura en el Proceso LAC
<b>20</b>	1.1.4 Productos LAC

22	<b>1.2 Laminación en Frío</b>
22	1.2.1 Introducción a los Procesos de Laminación en Frío
24	1.2.2 Ubicación y Flujo de los Procesos
25	1.2.3 Decapado
25	1.2.3.1 Introducción
26	1.2.3.2 Descripción del Proceso
29	1.2.3.3 Productos LAC Decapados
30	1.2.4 Laminador en Frío
30	1.2.4.1 Introducción
31	1.2.4.2 Descripción del Proceso
33	1.2.4.3 Productos
34	1.2.5 Limpieza Electrolítica
34	1.2.5.1 Introducción
34	1.2.5.2 Descripción del Proceso de Limpieza Electrolítica
36	1.2.6 Recocido
36	1.2.6.1 Introducción
37	1.2.6.2 Descripción del Proceso
38	1.2.6.3 La Estructura en el Proceso de Recocido
40	1.2.7 Templado
40	1.2.7.1 Introducción
41	1.2.7.2 Descripción del Proceso
42	1.2.8 Líneas de Aplanado bajo Tensión e Inspección
43	1.2.9 Productos LAF

## I Generalidades

### I.i Laminación de Productos Planos en la Fabricación del Acero

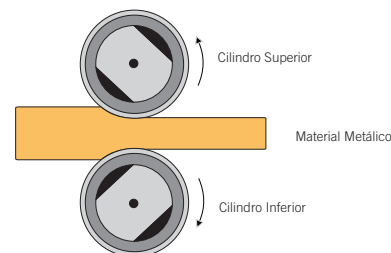
La Laminación de Productos Planos, es el quinto proceso en el flujo de Fabricación del Acero.



### I.ii Visión General del Proceso de Laminación

#### A. Principio de Laminación

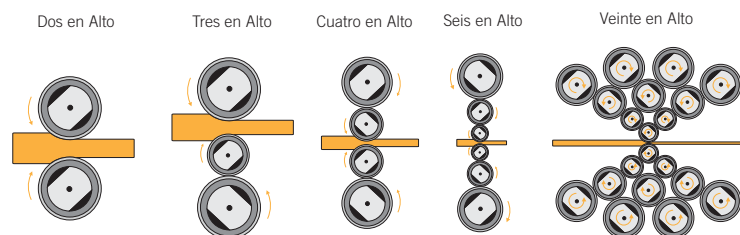
La laminación plana consiste en hacer pasar un material metálico entre dos cilindros, que giran a la misma velocidad y en sentido contrario, para reducir su espesor mediante la presión ejercida por los mismos. El metal es comprimido, reducido en su sección y cambiado de forma. La deformación por laminación es plástica, es decir que las dimensiones del material obtenido se mantienen luego de cesar la fuerza de los cilindros.



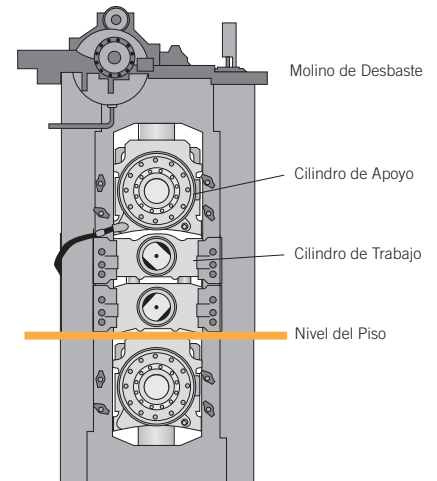
### B. Configuración de los Laminadores

Los laminadores están compuestos por uno o varios bastidores (stands) de laminación que contienen a los cilindros. Los laminadores pueden ser reversibles y continuos. Los laminadores se clasifican en función de la disposición y número en el que están dispuestos los rodillos.

Disposición de Cilindros	Cantidad de Cilindros	Ejemplo
2 en alto	Dos cilindros laminadores por bastidor, uno arriba del otro con sentido de rotación invertido.	Trenes Desbastadores y Molinos tipo Skin Pass.
4 en alto	Dos cilindros laminadores de trabajo por bastidor y dos cilindros de apoyo abajo y arriba de los de trabajo, de mayor diámetro.	Trenes Laminadores en Frío y en Caliente.
3 en alto	Tres niveles de cilindros de laminación, los rodillos de apoyo giran en una dirección y el rodillo de enmedio en dirección opuesta.	Trenes Laminadores Reversibles.
6 en alto	Dos rodillos de trabajo en contacto con la lámina, dos rodillos intermedios y dos rodillos de apoyo.	Molinos Fríos con producción de lámina muy delgada.
20 en alto o Sendzimir	20 rodillos de los cuales dos son de trabajo y están en contacto con la lámina, cuatro rodillos tapers con movimiento axial, 6 intermedios y 8 de apoyo.	Molinos Fríos Reversibles del tipo Sendzimir para lámina fría muy delgada.



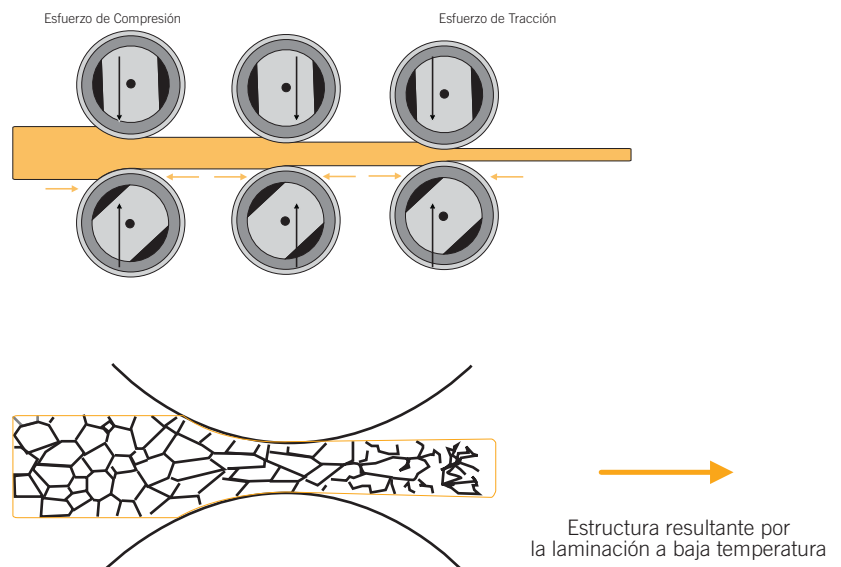
La selección de la configuración depende de factores tales como el monto de la inversión, fuerzas de separación y las características del producto a fabricar. El siguiente gráfico muestra un bastidor de laminación con disposición 4 en alto. En todos los casos la transmisión de potencia se realiza sobre los cilindros de trabajo. Los de apoyo giran por rozamiento sobre los anteriores y su función es permitir aumentar las fuerzas de laminación, limitando la deformación (flexión) de los cilindros de trabajo.



### C. Esfuerzos de Compresión y Tracción

- **Esfuerzo de Compresión:** Cuando el material está sometido a esfuerzo en una sola caja de laminación, actúa solamente el esfuerzo de Compresión disminuyendo el espesor.
- **Esfuerzo Combinado de Compresión y de Tracción:** Cuando el material es laminado simultáneamente en dos o más cajas de laminación actúan ambos esfuerzos. La compresión actúa sólo disminuyendo espesor, mientras que el tiro permite obtener mayores deformaciones totales y mantener el ancho.

Ejemplo: Trenes del Laminador en Frío.





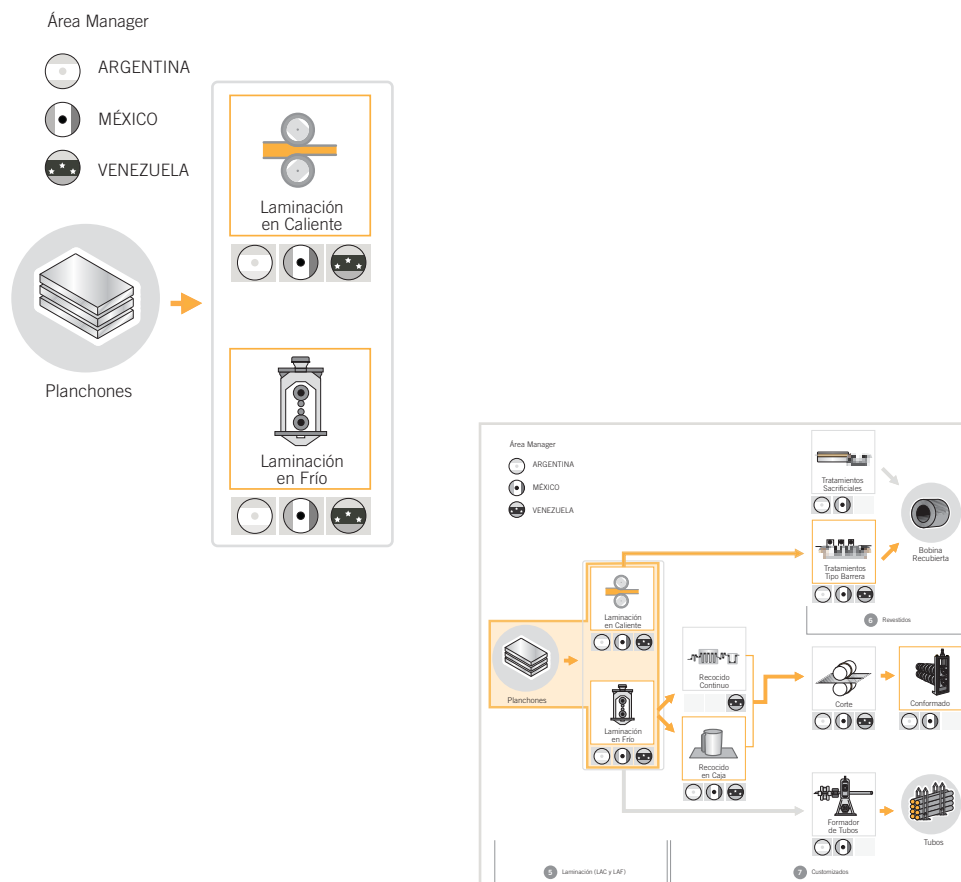
## D. Procesos Básicos de Laminación

Existen dos procesos básicos de laminación, los cuales son:

1. **Laminación en Caliente:** Se realiza a altas temperaturas (mayores a los 850°C). Están orientados a bandas de mayor espesor (mayores de 1,2 mm o más dependiendo de la tecnología disponible); junto con elevados volúmenes de producción a costos razonables.
2. **Laminación en Frío:** Se realiza a temperaturas cercanas a las del ambiente. Están orientados a obtener productos de menor espesor (generalmente menor a 2.5 mm), mayor calidad superficial y tolerancias dimensionales más estrechas.

## E. Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

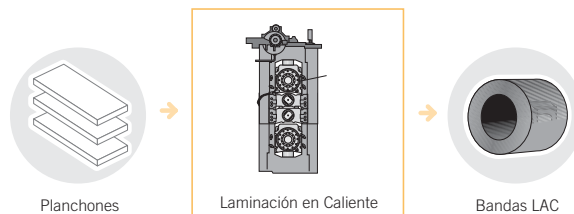
El diagrama siguiente muestra los procesos de la etapa Laminación, en la Fabricación del Acero así como las Áreas Manager en donde se realizan:



### I.iii Laminación en Caliente

#### A. Definición del Proceso de Laminación en Caliente

El proceso de laminación en caliente es un tratamiento termo-mecánico del acero que permite deformarlo con facilidad y en grandes volúmenes, obteniendo bandas LAC (Laminadas en Caliente). Esto se realiza a través de una deformación a alta temperatura y un enfriamiento forzado posterior para lograr una microestructura y propiedades mecánicas en función del uso final del producto (piezas estampadas, estructuras soldadas, tubería, etc.).



Existen dos tipos de laminación, lo cuales son:

- 1) Laminación en Caliente Convencional
- 2) Laminación en Caliente Continua Planchón Delgado

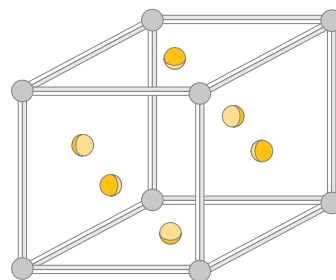
### B. Ubicación y Capacidad

Las instalaciones de Ternium, en las que se producen Bobinas LAC (Láminas Calientes), cuentan con la siguiente capacidad de producción:

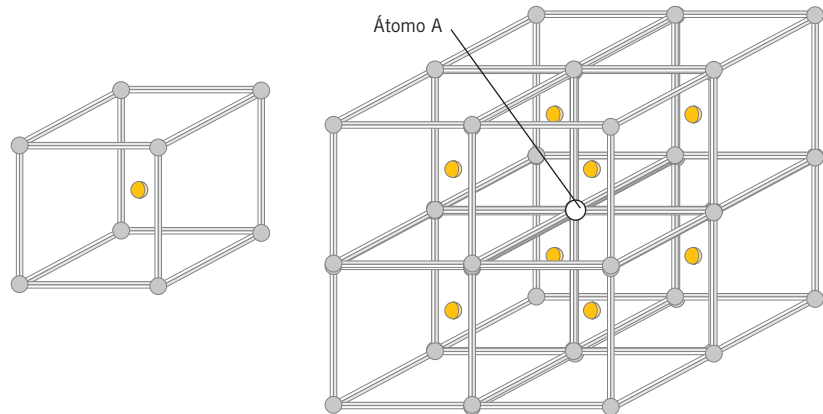
Tipo	Ubicación	Capacidad
<b>Argentina</b>	En Ternium Argentina, se cuenta con instalaciones donde se lleva a cabo el Proceso de Laminación en Caliente ubicadas en San Nicolás.	Las instalaciones de Ternium Argentina producen 2750 Mton/año de Bobinas LAC.
<b>México</b>	<p>Ternium México cuenta con dos plantas donde se lleva a cabo la Laminación en Caliente:</p> <p>Planta Guerrero</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2 Unidades productivas: Convencional y Continua.</li> </ul> <p>Planta Churubusco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 Unidad productiva Convencional</li> </ul>	Las plantas de Ternium México tienen una capacidad total de producción de 5000 M/año de Bobinas LAC.
<b>Venezuela</b>	Ternium Venezuela, cuenta con instalaciones de Laminación en Caliente, ubicadas en la zona centro oriental.	Las instalaciones de Venezuela producen 2800 Mton/año de Bobinas LAC.

### C. Cambios Microestructurales

Durante las sucesivas etapas del proceso de Laminación en Caliente la estructura del material sufre cambios en su estado cristalino debido a las variaciones de temperatura. A temperaturas elevadas (mayores de 850 °C) se denomina austenítica y la estructura es cúbica centrada en las caras.



Durante el enfriamiento de la banda, la estructura cristalina del acero pasa de la forma austenítica a la ferrítica<sup>10</sup>.



#### D. Laminación en Caliente Convencional

Durante las etapas del proceso de Laminación en Caliente la estructura del material sufre cambios en su estado cristalino debido a las variaciones de temperatura.

El tamaño de grano final dependerá del tamaño de grano austenítico de partida y la velocidad de enfriamiento, por ejemplo:

- Si el enfriamiento se retrasa utilizando el último tramo de la mesa de enfriamiento y se enrolla a mayor temperatura (Ej. 700 °C), el material resultará más blando por tener granos ferríticos más grandes.
- Si se enfría a bajas temperaturas (Ej. 600 °C) utilizando los primeros cabezales de la mesa de enfriamiento, la transformación austenita/ferrita se producirá en menor tiempo resultando en una microestructura de menor tamaño de grano y mayor dureza.

A temperatura ambiente su estructura se denomina ferrítica, los átomos de hierro y de carbono se organizan en una estructura cúbica centrada en el cuerpo.

En resumen, durante la laminación ocurren diferentes transformaciones microestructurales que se puede resumir en el siguiente esquema:



El manejo de estas transformaciones, asociadas a la gama de análisis químicos disponibles en la acería, permite la fabricación de productos de acero con espectro muy amplio de propiedades.

### Secuencia de Operaciones de Laminación en Caliente Convencional

Para cumplir este objetivo se desarrollan las siguientes etapas:

1. Recepción del Planchón
2. Recalentamiento del Planchón
3. Molino Descascarador
4. Molino Canteador y Reversible
5. Coil Box (sólo en Planta Churusco de Ternium México)
6. Producción de la Banda
7. Enfriamiento
8. Enrollado y Fleje

\* Estas operaciones pueden variar según cada planta donde se llevan a cabo.

### E. Laminación en Caliente Continua de Planchón Delgado (Minimill)

En el proceso de Laminación en Caliente de Planchón Delgado, la transformación microestructural presenta algunas diferencias debido a que no se tienen las mismas condiciones que en la Convencional.

El tamaño de grano después de la solidificación y recalentamiento del planchón en plantas CSP<sup>1</sup>, no es tan grande como en la colada convencional, sin embargo, debido a los altos índices de reducción realizados en los primeros castillos del acabador obtenemos estructuras más finas.

Las transformaciones microestructurales en la Laminación en Caliente de Planchón Delgado se muestran en el siguiente diagrama:



<sup>1</sup> CSP: Por sus siglas en inglés significa: Compact Strip Process.

### Secuencia de Operaciones de Laminación en Caliente Continua de Planchón Delgado (Minimill)

La secuencia de operaciones que realiza es la siguiente:

1. Aumento de la temperatura del planchón (de los 1000°C a los 1050°C).
2. Desbastado del Planchón
3. Laminación de la Banda
4. Enfriamiento
5. Enrollado
6. Fleje y Almacenamiento.

#### F. Skin Pass

Las bobinas roladas (enrolladas) en caliente después de enfriarse a temperaturas menores a 55°C, pueden ser enviadas a procesos posteriores para dar atributos tales como Skin Pass, para dar propiedades mecánicas, mejorar la planeza y dar el peso final del rollo.

La función del Skin Pass es aplicar en combinación tensiones y fuerzas de rolado para elongar el material, mejorando la planeza y además, darle a la lámina un acabado superficial con una mínima reducción de la banda. Se manejan típicamente bajas elongaciones para no cambiar las propiedades mecánicas de la banda.

#### I.iv Laminación en Frío

##### A. Definición de Laminación en Frío

Las operaciones que se realizan en el área de Laminación en Frío tienen como finalidad obtener, a partir del Laminado en Caliente, materiales de espesores menores con propiedades mecánicas específicas y acabados superficiales finales.



### B. Ubicación y Capacidad

Las instalaciones de Ternium, en las que se producen Bobinas LAF (Láminas frías), cuentan con la siguiente capacidad de producción:

Tipo	Ubicación	Capacidad
<b>Argentina</b>	Ternium Argentina cuenta con instalaciones donde se lleva a cabo el Proceso de Laminación en Frío, ubicadas en la Planta San Nicolás.	Las instalaciones de Argentina producen 580 mil ton/año Bobinas LAF.
<b>México</b>	Ternium México cuenta con tres plantas donde se lleva a cabo la Laminación en Frío ubicadas en San Nicolás de los Garza, Nuevo León: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planta Churubusco</li> <li>■ Planta Guerrero</li> <li>■ Planta Universidad</li> </ul>	Las instalaciones de México producen 2200 M/año de Bobinas LAF.
<b>Venezuela</b>	Ternium Venezuela cuenta con instalaciones de Laminación en Frío ubicadas en su zona centro oriental.	Las instalaciones de Venezuela producen 1700 Mton/año de Bobinas LAF.

### C. Secuencia de Operaciones

Las bobinas roladas en caliente después de enfriarse a temperaturas menores a 55°C, pueden ser enviadas a procesos posteriores para dar atributos tales como Decapado de la capa de Óxido, refilar a un ancho final, aceitar, reducir la banda a espesores más delgados, dar propiedades mecánicas, mejorar la planez y dar el peso final del rollo. A estos procesos se les conoce como proceso en frío.

El proceso de Laminación en Frío se cumple en la secuencia siguiente:

- Decapado
- Laminación en Molinos Reversibles
- Limpieza Electrolítica
- Recocido Batch
- Temple
- Tensonivelado (Opcional)

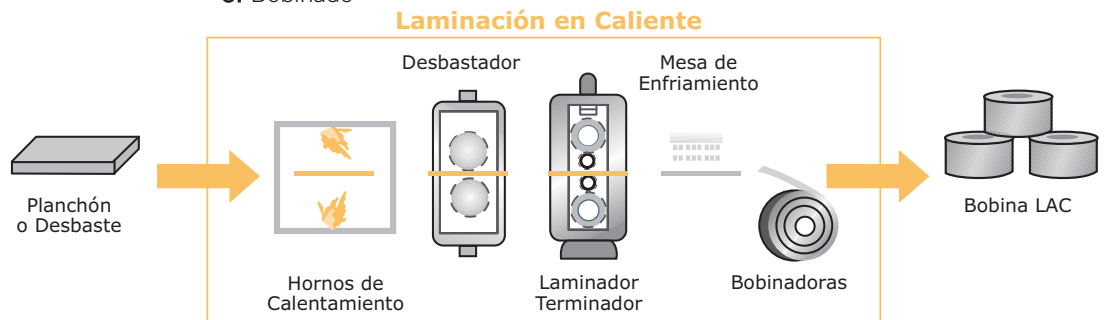
## 1 Ternium Argentina

### 1.1 Laminación en Caliente

#### 1.1.1 Introducción al Proceso

El objetivo del Proceso de Laminación en Caliente (LAC) es reducir el espesor del planchón o desbaste proveniente de la Colada Continua transformándolo en bobinas a través de una deformación efectuada a alta temperatura. Para cumplir este objetivo se desarrollan las siguientes etapas:

1. Recalentamiento del Planchón
2. Desbastado del Planchón
3. Laminado de la Chapa
4. Enfriamiento
5. Bobinado



En este proceso la materia prima utilizada son planchones de 200 mm de espesor, ancho entre 720 y 1525 mm y largo entre 4000 y 5950 mm. Los productos son bobinas de 1.6 a 12.7 mm de espesor. El ancho del planchón se mantiene constante al laminarse, por lo que la reducción de espesor es inversamente proporcional al alargamiento de la chapa, siguiendo la Ley de Volumen Constante:

$$\text{Espesor de Entrada} \times \text{Largo de Entrada} = \text{Espesor de Salida} \times \text{Largo de Salida}$$

La siguiente tabla muestra un ejemplo de la variación de dimensiones en el proceso de Laminación:

	Entrada del Laminador	Salida del Laminador	
Dimensión	Desbaste (en mm)	Bobina LAC (en mm)	Variación
Espesor	200	1.6	Reducción: 99% (100 veces)
Ancho	1220	1220	Constante
Largo	5800	580000	Alargamiento: 99% (100 veces)

$$\% \text{ de Reducción} = \frac{\text{espesor inicial} - \text{espesor final}}{\text{espesor inicial}} \times 100$$



El rango de reducción de Espesores que puede obtenerse en el Proceso de Laminación en Caliente es entre 94 y 99%.

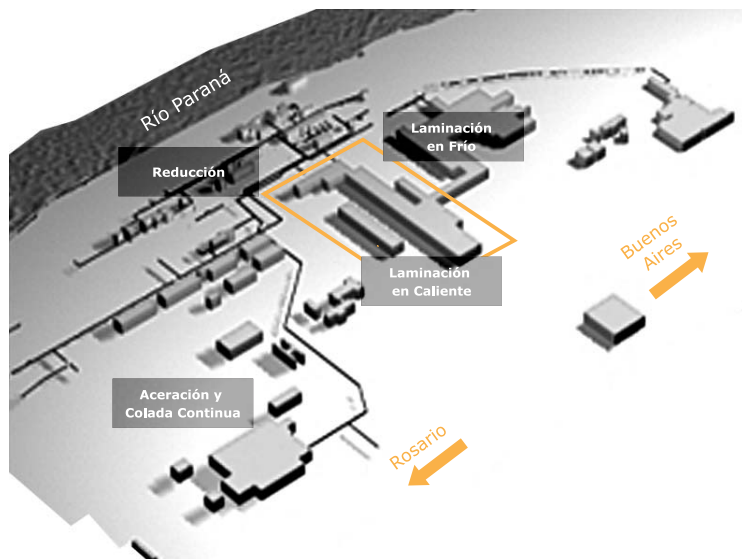
El equipamiento utilizado para obtener las Bobinas LAC consiste en un Laminador de chapas en caliente de primera generación compuesto por 5 hornos de recalentamiento de planchones, un laminador desbastador de 5 cajas, un laminador terminador continuo de 6 cajas, una mesa de enfriamiento de 98 m de longitud y dos bobinadoras. Las bobinas LAC previas a su venta a clientes finales, son templadas o temperadas (Proceso de planchado en frío conocido como Skin Pass). La capacidad instalada anual del Laminador en Caliente es de 2750 Mton.

### 1.1.2 Ubicación y Flujo del Proceso

Las instalaciones donde se lleva a cabo el Proceso de Laminación en Caliente se encuentran en la Planta San Nicolás. Los planos a continuación, muestran la ubicación, dentro de la planta y el flujo del proceso.

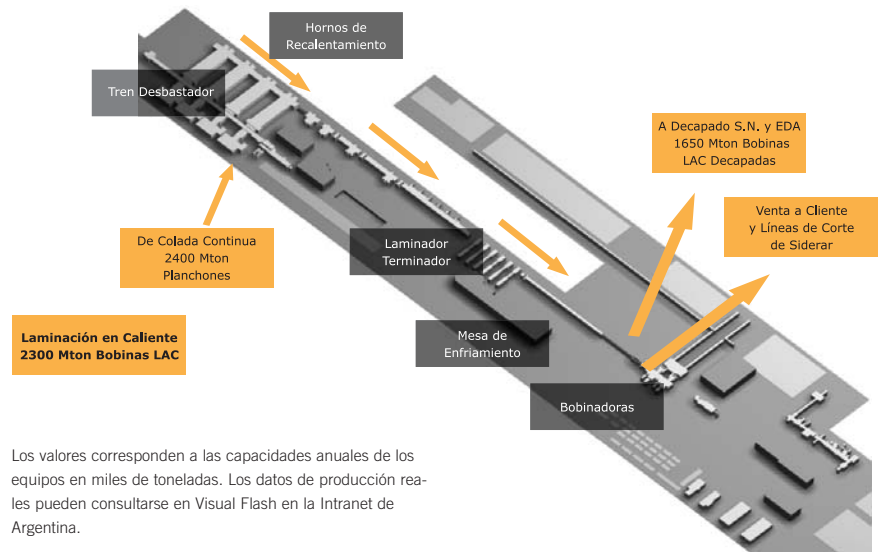
#### Planta San Nicolás

Ubicación de los Procesos de Laminación en Caliente.



## Laminación en Caliente

Flujo del Proceso.



### 1.1.3 Descripción del Proceso LAC

El proceso de Laminación en caliente es un tratamiento termomecánico del acero que permite deformarlo con facilidad y en grandes volúmenes.

El acero tiene la particularidad de cambiar su estado cristalino con la temperatura. A temperatura ambiente su estructura se denomina ferrítica y es cúbica centrada en el cuerpo, mientras que a temperaturas elevadas (mayores de 850°C) se denomina austenítica\* y es cúbica centrada en las caras. A fin de que no se produzcan cambios en la estructura durante el proceso de laminado, la temperatura a lo largo del mismo, en general debe estar por encima de los 850°C. Para ello, la temperatura de recalentamiento de los desbastes debe ser de aproximadamente 1250°C.

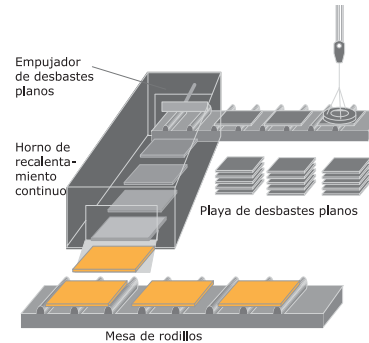
Las etapas que componen la Laminación en Caliente son: Recalentamiento, Laminación de desbastado o gruesa (roughing), Laminado de terminación (finishing), Enfriamiento, Bobinado y Temperado.

\* El acero al estar en fase austenítica tiene la característica que inmediatamente al cese de cada esfuerzo deformante, comienza a reordenar parcialmente su estructura cristalina y sus granos, lo que se traduce en un ablandamiento del material.

A continuación se describen cada una de estas etapas:

### 1.1.3.1 Recalentamiento del Planchón

Los planchones ingresan a alguno de los 5 hornos de recalentamiento continuo con espesores de 200mm. Cada horno tiene una capacidad de calentamiento de aproximadamente 100 ton/hora. El tiempo de calentamiento de un planchón varía entre 120 y 140 minutos, según el material y las dimensiones del mismo.



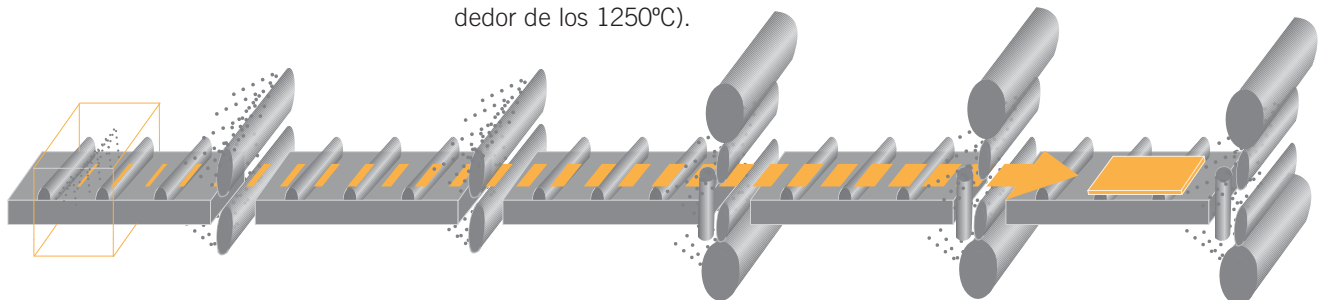
Los hornos son del tipo de Empuje. Cada vez que ingresa al horno un nuevo planchón, el "empujador" (accionador mecánico) produce un desplazamiento de todos los demás planchones que están en el horno, haciendo que el último caiga a la mesa de rodillos y sea transportado al laminador.

Cada horno tiene 4 zonas:

- Precalentamiento
- Calentamiento Superior
- Calentamiento Inferior
- Compensación

El sistema de calentamiento es por llama directa. Contando además con quemadores de Precalentamiento en la zona superior y quemadores de Pantalla en la zona de Compensación (para evitar el ingreso de corrientes de aire frío al horno por la puerta de descarga). El horno 5 posee nueve zonas: dos de precalentamiento, dos de calentamiento, dos de precompensación y tres de compensación.

Los planchones se calientan hasta alcanzar la temperatura de laminación (alrededor de los 1250°C).

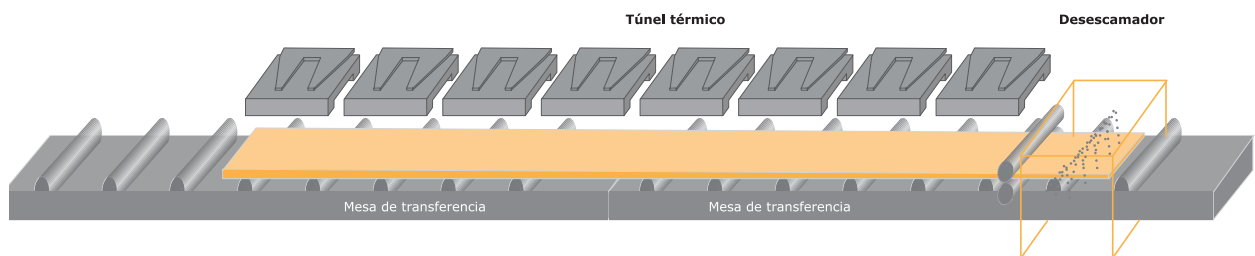


### 1.1.3.2 Desbastado del Planchón

Antes de ingresar al Tren desbastador, los planchones pasan por una Caja Desescamadora con agua de alta presión, donde se realiza una limpieza superficial para desprender la capa de óxido que se formó durante el calentamiento sumada a la proveniente del Proceso de Colada Continua, llamada laminilla primaria. El tren desbastador consta de cinco cajas laminadoras que operan en forma independiente (de a una por vez). El esfuerzo deformante en este tren es solamente de compresión ya que no existe tiro entre stands.

El ancho de la chapa se preserva mediante la acción de rodillos verticales canteadores ubicados en la entrada de las tres últimas cajas. La temperatura del planchón ronda a la salida de este tren los 1070/1090°C. Entre las cajas se encuentran cabezales de agua que completan el desescamado.

El planchón que ingresó con 200 mm de espesor a esta etapa, sale con un rango de 30/38 mm. La velocidad del planchón al ingreso al tren desbastador es de aproximadamente 45 m/min y a la salida de 120 m/min.



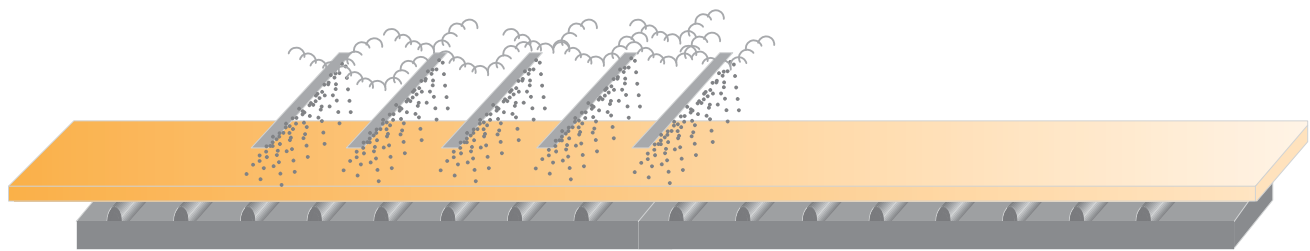
### 1.1.3.3 Laminado de Terminación de la Chapa

Previo al Laminado de Terminación, en el tramo entre los trenes desbastador y terminador, la chapa pasa por un tramo intermedio entre los laminadores. Al final de esta mesa se procede a cortar la punta de la chapa que se deformó al pasar por el Desbastador, de modo que el extremo ingrese al terminador con un frente recto y escuadrado. En una nueva etapa de desescamado, se elimina el óxido secundario generado durante el proceso de desbastado, mediante la aplicación de agua a alta presión.

El Tren Terminador de seis stands reduce paulatinamente el espesor de la chapa en caliente a un rango entre 1.6 a 12.7mm. La chapa está enhebrada en los 6 stands donde se le va laminando. El espesor final es controlado en forma continua a la salida de la última caja con rayos X y esta información, junto con la obtenida por la medición de otras variables de proceso, alimenta al sistema Control Automático de Espesores (AGC). Este último efectúa las correcciones necesarias en cada puente laminador para obtener el espesor programado.



A la salida del tren terminador se mide espesor, perfil de espesor, temperatura, perfil de temperatura, ancho y planeza. El ancho final se mantiene constante de dos maneras distintas: en el Desbastador mediante rodillos canteadores y en el Terminador por el control de la tracción o tiro entre los Stands, cuyo valor debe mantenerse constante. La velocidad de la chapa en el ingreso al Terminador es de aproximadamente 35 m/min y en la salida es de aprox. 600 m/min para un espesor final de 1.6 mm.



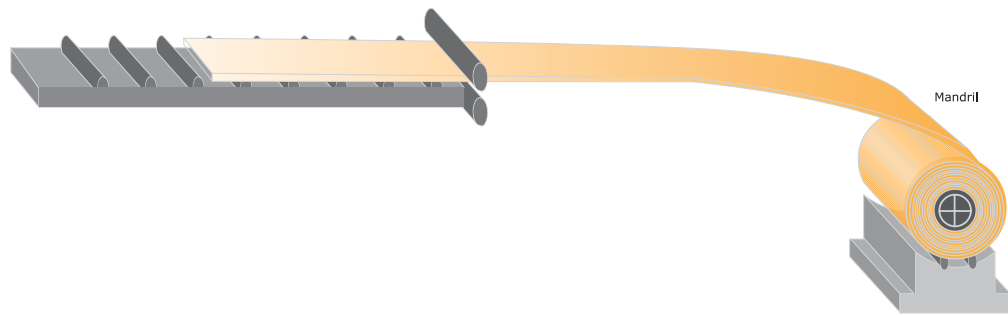
Enfriamiento por flujo laminar

#### 1.1.3.4 Enfriamiento

La temperatura de la chapa al salir del último stand, Temperatura Final de Laminado (TFL), está en general por encima de los 850°C. Se diseña el enfriamiento de manera de obtener chapas con propiedades mecánicas diversas. Si se enfría más al principio de la mesa de enfriamiento, la estructura tendrá menor tiempo para recomponerse y los granos para crecer, por lo que el material será de grano más pequeño y por lo tanto más duro. Si por el contrario el enfriamiento se demora y se bobina con una temperatura mayor, el material resultará más blando por tener granos más grandes.

El enfriamiento se realiza con agua en flujo laminar (agua fluyendo en forma uniforme y a baja presión) siendo su caudal controlado automáticamente en función de la temperatura de fin de laminado, velocidad, espesor y temperatura de bobinado deseada.

### 1.1.3.5 Bobinado



Existen dos bobinadoras que trabajan alternativamente. Para cada tipo de acero y espesor de la chapa se requiere una temperatura y una tensión de bobinado: A mayor dureza y mayor espesor, mayor será la potencia a utilizar para enrollar la chapa. Las velocidades del último Laminador, de la mesa de enfriamiento y de la bobinadora deben estar sincronizadas. Posteriormente, las bobinas se transfieren de la bobinadora a las Playas de Enfriamiento mediante vigas caminantes, cadenas y autoelevadores.

### 1.1.3.6 Temperado

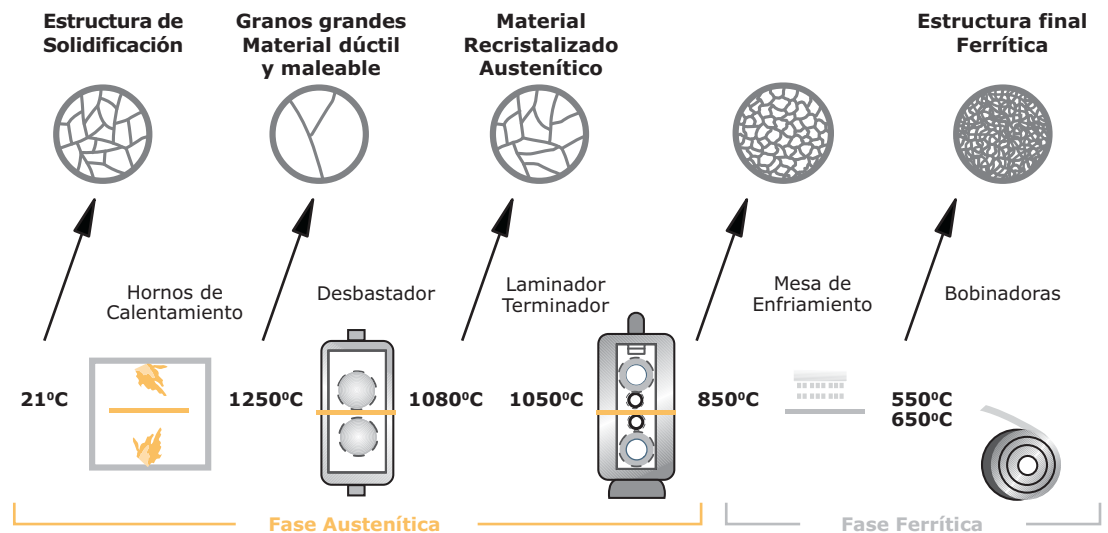
Los materiales para venta directa a clientes finales (dependiendo de su calidad y dimensiones) son temperados o templados mecánicamente a fin de mejorar su planitud y permitir su inspección superficial. Este proceso además permite mejorar la aptitud al conformado del material eliminando zonas de baja fluencia (Bandas de Luder) características de los aceros de bajo carbono.

En el mundo existen variantes al equipamiento de Laminación en Caliente de Ternium Argentina, las que tienen como objetivo mejorar la productividad o alcanzar gamas de productos distintas:

- Hornos de vigas caminantes de mayor capacidad, que hacen posible procesar desbastes más largos y obtener bobinas de mayores pesos, 20/30 t vs 10 t de Ternium Argentina.
- Laminador desbastador reversible (1 caja – mas de una pasada ), en lugar de Tren Desbastador Continuo de 5 cajas de 1 pasada. Esto permite procesar planchones de mayor longitud sin extender la longitud total del tren.
- Terminador de 7 cajas, reparte mejor la potencia de laminado ampliando la gama de calidades y dimensiones fabricables.
- Bobinadoras de mayor capacidad de diámetro y peso de bobina.

### 1.1.3.7 La Estructura en el Proceso LAC

Durante las sucesivas etapas del Proceso LAC la estructura del material sufre transformaciones debido a las Variaciones de Temperatura y al Esfuerzo Deformante al que es sometido. Las diferentes estructuras le otorgan a la chapa diversas propiedades. A continuación se muestran las estructuras de la mayoría de los materiales LAC durante el Proceso:



### 1.1.4 Productos LAC

Las bobinas producidas por laminación en caliente, usualmente se las llama "negras". Esto es debido a la inevitable oxidación sufrida durante el proceso. Las bobinas son identificadas (sistema), zunchadas<sup>2</sup> y almacenadas sin que nada las proteja de la oxidación, tomando una coloración oscura.

#### Destinos

El destino de las bobinas LAC es el siguiente:

- 80% se destinan a la Laminación en Frío con una distribución por planta de: 50% a Ensenada y 30% a San Nicolás
- 20% restante se destina a las líneas de Corte de Ternium Argentina y a Venta Directa a Clientes

<sup>2</sup> Consiste en la colocación de un fleje metálico perimetral para preservar la forma de bobina del material.

La chapa laminada en caliente, para ser laminada en frío debe tener las siguientes características:

- Constancia en el ancho y espesor
- Uniformidad en el perfil transversal de espesor (forma)
- Planitud
- Dureza y propiedades mecánicas dentro de tolerancias
- Adecuado bobinado
- Carecer de defectos superficiales

### Dimensiones standard

Ternium Argentina fabrica chapa de acero laminada en caliente cuyas dimensiones se encuentran en el rango de espesor 1.60-12.70 mm, y de ancho 720-1525 mm. El peso de la bobina LAC oscila aproximadamente entre 7 y 14 toneladas. Las dimensiones más comunes, de las bobinas LAC son:

Espesores (mm)	1.6 - 1.8 - 2.00 - 2.25 - 2.30 - 2.65 - 2.85 - 3.20 - 4.75 - 6.35
Anchos (mm)	720 - 940 - 960 - 1025 - 1100 - 1240 - 1275 - 1350 - 1525

### Aplicaciones

**Usos Generales:** Se utiliza para la fabricación de caños, maquinaria agrícola, estacas con leve estampado y/o plegados no existentes. Esta calidad se entrega también como chapa antideslizante en bobinas y hojas, especialmente apta para la fabricación de pisos industriales, escaleras, etc.

**Caños API:** Estos aceros se emplean en la fabricación de caños soldados de calidades según las normas API 5L y API 5 CT, que se destinan a gasoductos, oleoductos y a entubamientos (casing) de pozos de petróleo.

**Usos Estructurales Generales:** Estas calidades se utilizan para componentes estructurales de baja, media y alta resistencia que requieren ciertas características mecánicas mínimas. Sus aplicaciones típicas son estructuras metálicas, puentes, columnas de alta tensión, caños, etc.

**Recipientes a Presión:** Estas calidades están especialmente desarrolladas para la fabricación de recipientes de baja, media y alta presión. En particular, calderas, tanques y sus accesorios.

**Uso Embutido:** Se utilizan para la fabricación de piezas conformadas por proceso de estampado y embutido tales como autopartes, bridas, bastidores, platos de freno, soportes, etc. La severidad de las deformaciones que requiere el conformado de la pieza define la utilización de calidad embutido moderado o embutido profundo.



**Envases Gas Licuado:** Son calidades especialmente diseñadas para la fabricación de garrafas de dos piezas obtenidas por embutido, garrafas de tres piezas y cilindros para gases licuados de petróleo.

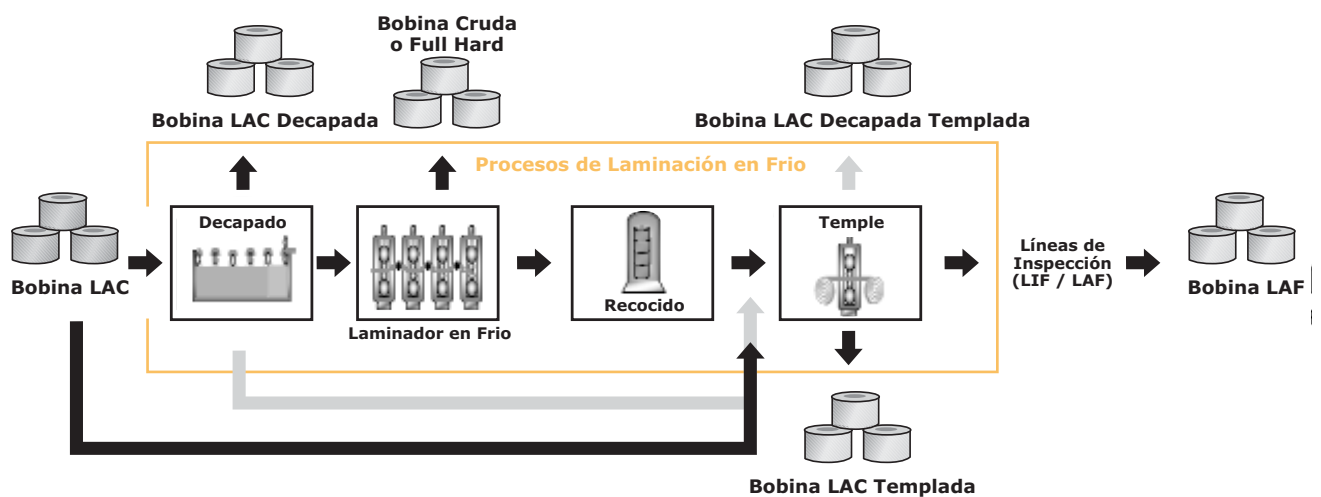
**Estructurales para Industria Automotriz:** Calidades desarrolladas para piezas, particularmente de la Industria automotriz, que combinan propiedades estructurales con buenas aptitudes de conformabilidad y soldabilidad. Para uso en llantas, discos, largueros, travesaños, etc.

**Uso Agrícola:** Material desarrollado para la fabricación de discos de roturación y siembra.

## Laminación en Frío

### 1.2 Introducción a los Procesos de Laminación en Frío

- 1.2.1 Los procesos que se realizan en el área de laminación en frío tienen como objetivo obtener a partir de la chapa laminada en caliente material de espesores menores con propiedades mecánicas y terminados superficiales que permiten una amplia aplicación industrial. Previamente a su paso por el Laminador propiamente dicho la chapa es sometida a un proceso de limpieza en la línea de Decapado. En el Laminador se obtienen las dimensiones finales de la chapa. Se completa el proceso en las líneas de Limpieza electrolítica, Recocido, Temple, y Aplanado e Inspección. En el siguiente esquema se muestra el diagrama en bloques de estos procesos.



Los procesos de Laminación en Frío se realizan en las Plantas San Nicolás y Ensenada. Los productos de los procesos de Laminación en Frío son bobinas LAC decapadas, bobinas LAC templadas, bobinas crudas o Full Hard y bobinas LAF (incluyendo Hojalata). Las siguientes tablas muestran los rangos dimensionales de entradas y salidas de los procesos de Laminación en Frío:

#### Planta San Nicolás

	Ancho (mm)		Espesor (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Entrada	700	1505	1,80	3,55
Salida	700	1505	0,18	2

#### Planta Ensenada

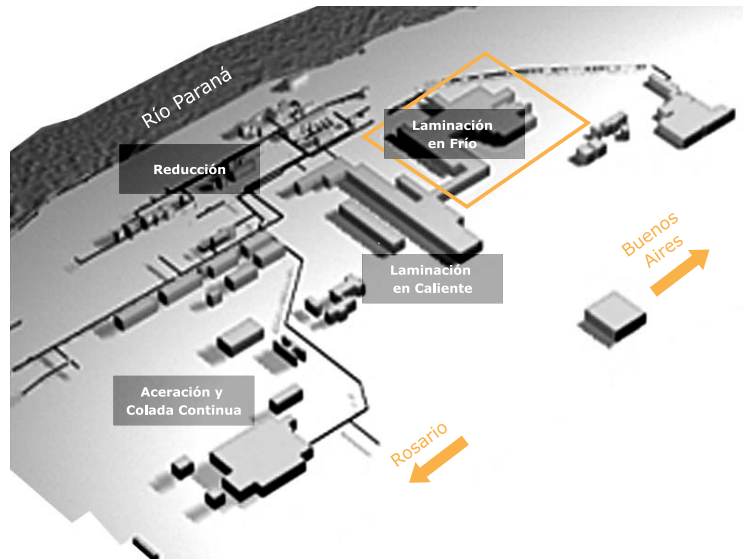
	Ancho (mm)		Espesor (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Entrada	600	1605	1,80	4,75
Salida	600	1605	0,30	3

### 1.2.2 Ubicación y flujo de los procesos

En los siguientes planos se muestra la ubicación del Area de Laminación en Frío de la Planta San Nicolás y el flujo de procesos.

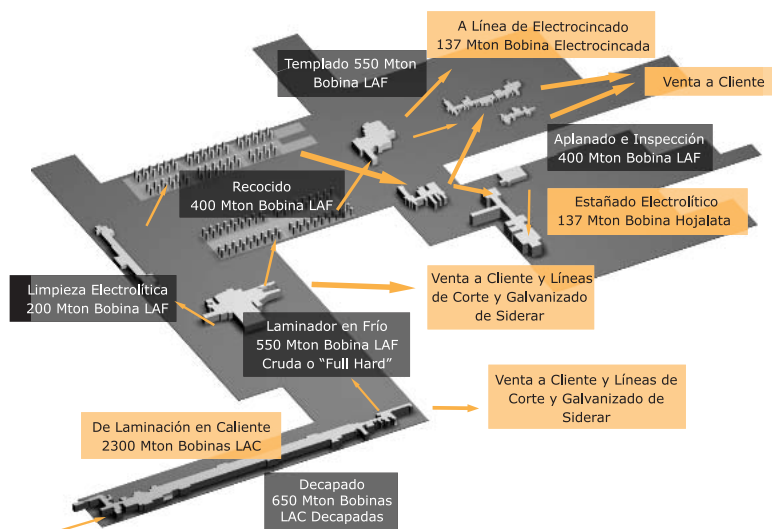
#### Planta San Nicolás

Ubicación de los Procesos de Laminación en Frío.



#### Laminación en Frío Planta San Nicolás

Flujo del Proceso

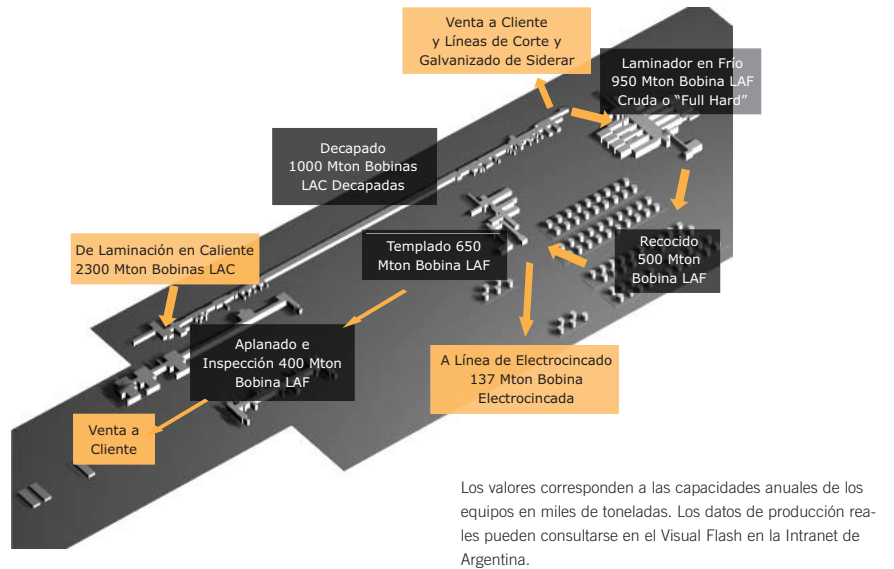


Los valores corresponden a las capacidades anuales de los equipos en miles de toneladas. Los datos de producción reales pueden consultarse en el Visual Flash en la Intranet de Argentina

En el siguiente plano se muestra la disposición del equipamiento y flujo de proceso del Área de Laminación en Frío de la Planta Ensenada.

### Laminación en Frío Planta Ensenada

Flujo del Proceso



### 1.2.3 Decapado

#### 1.2.3.1 Introducción

El objetivo del Proceso de Decapado es eliminar el óxido superficial de la chapa LAC (bobinas negras) mediante una reacción química a través de la inmersión de la chapa en una solución de ácido clorhídrico.

La materia prima utilizada son bobinas LAC, de espesores entre 1.8 y 4.75 mm y anchos entre 600 y 1650 mm. que a la salida de la línea resultan ajustados por un corte lateral (refilado o costeados). Las líneas de SN y EDA pueden procesar material LAC importado de menor y mayor ancho que el proveniente del LAC.

El Decapado se realiza en las plantas de San Nicolás y Ensenada. El equipamiento utilizado en Planta San Nicolás consta de una soldadora a tope, 5 tanques de decapado de 20,5 m de longitud, 2 tanques de lavado, una tijera canteadora y 2 bobinadoras. La velocidad máxima de salida es de 180 m/min y la capacidad anual es de 695.000 ton.

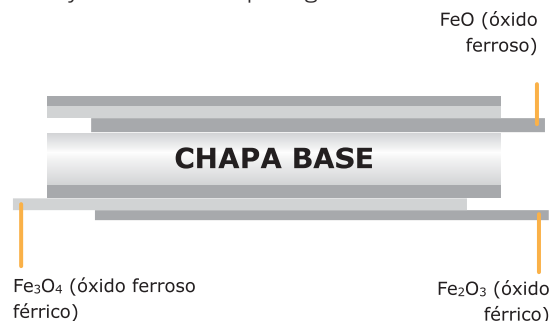
El equipamiento utilizado en Planta Ensenada consta de una soldadora a tope, 4 tanques de decapado de 22 m de longitud cada uno, 4 tanques de lavado por spray, una tijera canteadora y 2 bobinadoras. La velocidad máxima de salida es de 200 m/min y la capacidad anual es de 1.030.000 ton.

### 1.2.3.2 Descripción del Proceso

Durante el enfriamiento del material laminado en caliente, se produce una oxidación sobre su superficie compuesta por tres tipos de óxidos de hierro:

- Férrico
- Ferroso Férrico
- Ferroso

Y se distribuyen sobre la chapa según se muestra en la figura:



Esta oxidación superficial puede tener consecuencias negativas, como la merma de metal superficial e incrustaciones de escamas (óxidos) sobre la chapa y los cilindros del Laminador en Frío, si no se procede a su eliminación antes de laminar.

En el Proceso de Decapado también se ajusta por recorte el ancho y se duplica (o a veces triplica) el peso de las bobinas por soldadura "a tope" intermedia: normalmente dos bobinas LAC forman una bobina laminada en frío (LAF). Esto último aumenta la productividad del Laminador en Frío.

El método de limpieza utilizado con más frecuencia, por su posibilidad de mayor escala, es el de Decapado por inmersión de la chapa en una solución ácida, tal como el que se emplea en Ternium Argentina. Los Sectores del Proceso de Decapado son:

1. Entrada (Preparación, Soldadura y Acumulación Chapa LAC)
2. Decapado
3. Salida (Acondicionamiento de la bobina)

A continuación se describe cada una de ellos:

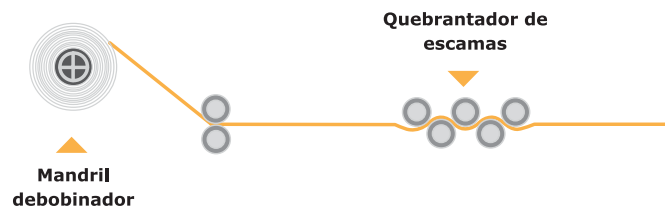
### 1. Entrada

#### (Preparación, Soldadura y Acumulación de la chapa LAC).

La preparación de la cabeza de la bobina se hace en la Estación Preparadora (Off Line<sup>3</sup>). Luego se efectúa un tratamiento de la punta de la bobina que consiste en un nivelado o planchado del sector de punts y luego un cizallado del mismo para:

- Eliminar formas desparejas (cola bobina LAC)
- Descartar pequeños tramos de chapa hasta encontrar el espesor nominal.

Las bobinas son colocadas en un mandril debobinador, previo al tratamiento de la punta de la bobina LAC. Luego, las escamas de la chapa son agrietadas al pasar por unos rodillos quebrantadores para facilitar la acción posterior de la solución decapante.

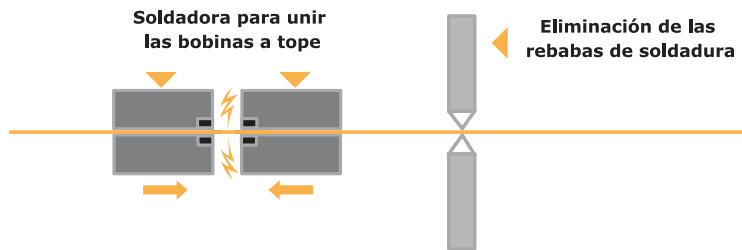


Para poder efectuar el Proceso de Decapado, es necesario arrastrar la chapa desde la entrada a la salida. Esto se logra uniendo la cabeza de la bobina entrante con la cola de la anterior que está siendo procesada y, de esta forma, se le da continuidad al proceso. Para esto, luego del quebrantador, la tijera del procesador corta la primera parte de la bobina llamada "cabeza", para escuadrarla, y también la cola de la bobina en proceso. Posteriormente se realiza la unión de las bobinas mediante una soldadura a tope<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Off line: fuera de la línea

<sup>4</sup> Soldadura a Tope: Consiste en llevar ambos extremos del material a soldar al estado plástico, mediante descarga eléctrica, y unirlos mecánicamente por presión.

Las bobinas soldadas ingresan a un sector debajo de los tanques de decapado, donde carros en dos niveles acumulan el material. El objeto es almacenar la chapa para mantener la continuidad operativa en la etapa siguiente, transporte en los tanques de decapado, independizándola de las operaciones de entrada. La velocidad en el sector de entrada luego de la soldadura es de 550 m/min, mientras que el pasaje por los tanques donde se realiza el decapado, es de aprox. 180 m/min.

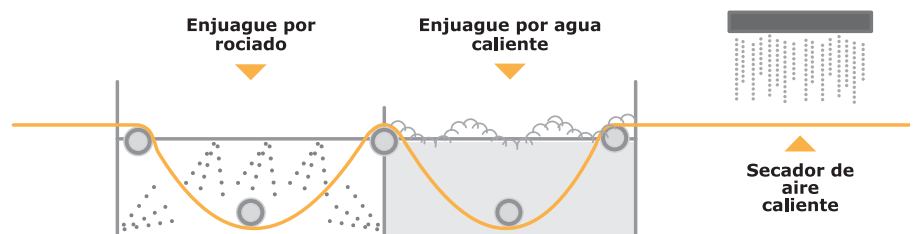


## 2. Decapado

La chapa pasa por cinco tanques tapados que contienen soluciones de ácido clorhídrico en agua, en concentraciones variables, a una temperatura de aprox. 90°C. Estas soluciones atacan a los óxidos de la chapa, produciendo una reacción química que los desprende. La adición de ácido se efectúa en el último tanque y pasa a los restantes en sentido contrario a la circulación de la chapa, por lo tanto las concentraciones que encuentra la misma en su avance son crecientes (4 a 12%).



Una vez decapada, la chapa, pasa por un tanque donde se lava por medio de rociadores con agua. Después se enjuaga en agua caliente (aprox. a 90°C) en otro tanque para eliminar todo resto de ácido de la chapa. Finalmente se seca con aire caliente en la estación de secado.



### 3. Salida (Acondicionamiento de la Bobina)

Al subir de los tanques la chapa pasa por un foso de acumulación para dar continuidad a la salida cuando esta se detiene. La chapa limpia de óxidos (Chapa Blanca) es ajustada al ancho requerido (borde "cortado"). Esto se realiza por el corte, con dos cuchillas cíclicas, a ambos lados de la chapa (refiladora o canteadora de bordes). Luego se la aceita en ambas caras para protegerla de nuevas oxidaciones. La velocidad en el sector de salida es aprox. la misma que en los tanques de decapado, 180 m/min.

Una tijera separa las bobinas en cada soldadura de entrada (bobina simple) o soldadura por medio (dos bobinas LAC forman una LAF con una soldadura intermedia, bobina doble). Luego se rebobinan, zunchan, pesan, identifican y almacenan. La bobina decapada puede comercializarse como un producto final o continuar al laminador.

#### 1.2.3.3 Productos LAC Decapados

##### Destinos

- 75% - 80% a la Laminación en Frío en las Plantas de San Nicolás y Ensenada.
- 25% - 20% restante se destina a las Líneas de Corte y Galvanizado de Ternium Argentina y Venta Directa a Clientes.

##### Dimensiones

Ternium Argentina fabrica chapa de acero laminada en caliente decapada en un rango de espesores 1.60-4.75 mm, y de ancho ancho 700-1500mm. El peso de la bobina LAC decapada está en un rango aproximadamente de 15 a 22 toneladas.

##### Aplicaciones

- Usos Generales: Maquinaria agrícola, estacas con leve estampado y/o plegados no existentes. Esta calidad se entrega también como chapa antideslizante en bobinas, especialmente apta para la fabricación de pisos industriales, escaleras, etc.
- Caños con Costura.
- Envases Gas Licuado: Son calidades especialmente diseñadas para la fabricación de garrafas de dos piezas obtenidas por embutido, garrafas de tres piezas y cilindros para gases licuados de petróleo.
- Estructurales para Industria Automotriz: Calidades desarrolladas para piezas, particularmente de la Industria automotriz, que combinan propiedades estructurales con buenas aptitudes de conformabilidad y soldabilidad. Para uso en llantas, discos, largueros, travesaños, etc.



- **Uso Embutido:** Se utilizan para la fabricación de piezas conformadas por proceso de estampado y embutido tales como autopartes, bridas, bastidores, platos de freno, soportes, etc. La severidad de las deformaciones que requiere el conformado de la pieza define la utilización de calidad embutido moderado o embutido profundo.

#### 1.2.4 Laminador en Frío

##### 1.2.4.1 Introducción

El objetivo del Laminador en Frío es disminuir los espesores de la chapa LAC entre un 40% y un 90% obteniendo también mayor uniformidad de espesor y mejor planitud que en el proceso LAC. El proceso se efectúa a temperatura ambiente, por lo tanto la estructura luego del Laminado queda deformada y el material es duro y frágil. Las propiedades finales de la chapa LAF se obtienen en procesos posteriores por Recocido y Templado.



El Laminado en Frío se lleva a cabo en las plantas de San Nicolás y de Ensenada.

Se emplean bobinas LAC decapadas con las siguientes dimensiones:

- Planta San Nicolás: Espesores entre 1.60 y 3.55 mm y anchos entre 700 y 1505 mm
- Planta Ensenada. Espesores entre 1.80 y 4.75 mm con anchos entre 600 y 1605 mm.

Los productos resultantes:

- Planta de San Nicolás: Espesores entre 0.18 y 2.0 mm y ancho entre 700 y 1505 mm
- Planta de Ensenada: Espesores varían entre 0.3 y 3.0 mm y los anchos entre 600 y 1605 mm.

El equipamiento utilizado en Planta San Nicolás es un Laminador Tandem de 4 Stands 4 en alto con una potencia instalada de 18000 HP. Consta además de dos sistemas de emulsión, control automático de espesores y del tiro y un sistema de cambio rápido de cilindros de trabajo. Alcanza una velocidad máxima de salida 1000 m/min y la capacidad anual es de 580 mil toneladas.

Dentro de los planes de mejora se efectuó la Modificación de la Salida del laminador, ésta consistió en el reemplazo del sistema actual para la evacuación de bobinas por un sistema de vigas caminantes. También se prevee realizar el montaje de un Sistema de Emulsión que aumentará la calidad superficial de la Hojalata y obtener mejores valores de limpieza superficial de aquella que chapas que pasan directamente a Recocido.

Por último está previsto la instalación de un 5° Stand a la entrada del laminador permitiendo que se ingresen al laminador mayores espesores de bobinas laminadas en caliente, aumentando así la productividad del Laminador en Caliente y del Decapado. Además de un procesamiento de los materiales actuales especialmente la hojalata con menores porcentajes de reducción lo que redundará en una mejor calidad del producto.

El equipamiento utilizado en Ensenada es un Laminador Tandem de 4 Stands - 4 en Alto con una potencia instalada de 24500 HP. Consta además de un sistema de emulsión, control automático de espesores, tiro y forma y un sistema de cambio rápido de cilindros de trabajo. Alcanza una velocidad máxima de salida 1150 m/min y la capacidad anual es de 965 mil toneladas.

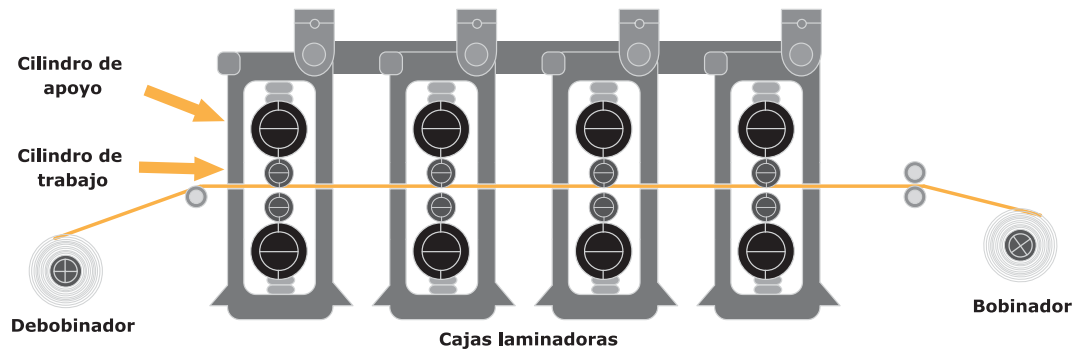
#### 1.2.4.2 Descripción del proceso

La bobina doble soldada proveniente de Decapado se posiciona en la zona de entrada y se enhebra paulatinamente en los cuatro stands o cajas laminadoras y en el mandril bobinador, siendo la velocidad de laminación muy baja.

La apertura de los cilindros de trabajo de cada stand está previamente configurada en función del espesor final a obtener. Luego la chapa es acelerada de acuerdo a la configuración de velocidades relativas de cada stand ya que cada uno gira a distinta velocidad, aumentando desde el Stand #1 al #4. Por ejemplo para una chapa de espesor de entrada 1.80 mm y de salida 0.30 mm (Reducción total: 84 %) las velocidades son:

V#1: 205 m/min    V#2: 300 m/min    V#3: 450 m/min    V#4: 850 m/min

En función del espesor de entrada y de salida se define una distribución de reducciones en las cajas laminadoras. Con el paso de la chapa por cada una, se va reduciendo el espesor por esfuerzos combinados de compresión y tracción hasta lograr el espesor programado, manteniendo el ancho constante (Ley de Volumen Constante) debido al efecto de tiro como en el caso del Tren Terminador en Laminación en Caliente. El esfuerzo de tracción o tiro se genera, por estar la chapa enhebrada (mordida), entre pares de stands sucesivos y entre el #4 y la bobinadora.



La bobina decapada que entra al Laminador en Frío está generalmente formada por 2 bobinas LAC, unidas por soldadura en Decapado. Si existieran las variaciones de espesor y dureza existentes entre cada una de ellas, como así también las variaciones temporarias del coeficiente de rozamiento, de velocidad de deformación, etc., son muy difíciles de corregir en forma manual. Por lo tanto se utiliza un sistema de control automático de espesores denominado AGC, que efectúa la medición continua del espesor de la chapa a la salida de los stand #1 y #4 por medio de rayos X. Estas mediciones son comparadas con los valores de espesor programados y sus tolerancias y a partir de las diferencias se varía la velocidad relativa de los laminadores en forma automática, corrigiendo casi instantáneamente el tiro. Cada stand tiene 4 cilindros en alto, dos actúan sobre la chapa (cilindros de trabajo) y los dos restantes (cilindros de apoyo) transmiten la fuerza de respaldo necesaria a los primeros. Cada stand participa en un porcentaje a la reducción total programada.

Finalmente se bobina la chapa dándole la tensión adecuada para evitar inconvenientes en el manipuleo y en los procesos posteriores. Un exceso de tensión puede provocar deformación del diámetro interior de la bobina y en ciertos casos pegado entre espiras (vuelta de bobina) en el Proceso de Recocido. Por otra parte una tensión insuficiente puede ocasionar deformación lateral de la bobina y con esto abrasiones sobre la chapa.

Los cilindros de trabajo necesitan ser cambiados frecuentemente debido a su desgaste u otros factores relacionados con la calidad de la chapa. Este cambio se realiza por parejas, para que los diámetros coincidan, mediante un sistema automático que permite el cambio simultáneo en dos o más stands a la vez y agiliza los movimientos complementarios (acoples hidráulicos, trabas, etc.). Esto se traduce en un aumento de la disponibilidad del Laminador. Se requieren aprox. entre 250 y 400 cambios por mes (por ejemplo para material fino se realiza un cambio cada 700 a 1600 toneladas laminadas). Realizar un cambio lleva aproximadamente 8 min.

El laminado en frío, por el intenso roce entre la chapa y los rodillos de trabajo pone en juego una alta cantidad de energía calórica que genera alta temperatura. Ésta debe ser evacuada, para ello se utiliza la solución de laminado, mezcla de agua y aceites minerales, sobre ambas caras de la chapa, que cumple dos funciones básicas:

- Evacuar el calor, disminuyendo la temperatura (refrigerante)
- Preservar el coeficiente de rozamiento entre chapa y rodillos, alargando la vida de éstos (lubricante)

Para los espesores finos ( $< 0.59$  mm) se utiliza una solución con componente de cebo animal además de los componentes minerales para mejorar la acción lubricante. Al finalizar el proceso, se barren los restos de la solución a la salida del cuarto stand con aire a presión.



**Estructura  
la salida del laminador**

El proceso de Laminación en Frío se realiza a baja temperatura (en el campo ferrítico) quedando la estructura del material totalmente deformada, por lo que el material es duro, frágil, quebradizo. Este material denominado crudo o "full hard" tiene una limitada aplicación industrial. Las variantes que existen en el mundo al equipamiento del Laminador en Frío de Ternium Argentina pueden resumirse en las siguientes:

- Incorporación de un quinto Stand, que permite repartir el porcentaje de reducción en otro Stand mejorando la calidad de la chapa.
- Laminadores en Frío continuos, que sueldan las bobinas de entrada en forma sucesiva, acumulan material y luego lo laminan, aumentando de esta forma la productividad

#### 1.2.4.3 Productos

##### Destinos

Las bobinas Laminadas en Frío crudas tienen tres posibles destinos:

- Continuar el Proceso LAF (Limpieza electrolítica, Recocido, Temple)
- Venta Directa al Cliente (para posterior galvanizado externo y fabricación de piezas estructurales con bajos requerimientos de embutibilidad)
- Líneas de Galvanizado de Ternium Argentina

##### Dimensiones Std

Ternium Argentina fabrica chapa de acero cruda LAF en un rango de espesores entre 0.18-3 mm y de ancho 600-1605 mm.

### Aplicaciones

Se utiliza como chapa base para procesos de revestido metálico por inmersión en caliente, tales como galvanizado, aluminizado, y otras piezas estructurales con bajos requerimientos de embutibilidad.

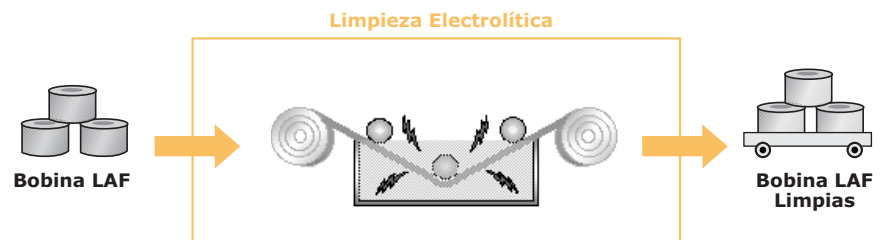
## 1.2.5 Limpieza Electrónica

### 1.2.5.1 Introducción

El objetivo de la Limpieza Electrolítica es eliminar el residual de grasa, aceite y suciedad de la superficie de la chapa de espesores menores a 0.70 mm.

En estos espesores se utiliza como emulsión en el laminador una solución con componente de alta lubricidad que deja sobre la superficie de ambas caras de la chapa una grasitud que es incompatible con el proceso siguiente de Recocido.

La limpieza se realiza a través de un agente limpiador alcalino líquido potenciado por la aplicación de una corriente eléctrica.



La Limpieza Electrolítica se lleva a cabo en la planta de San Nicolás.

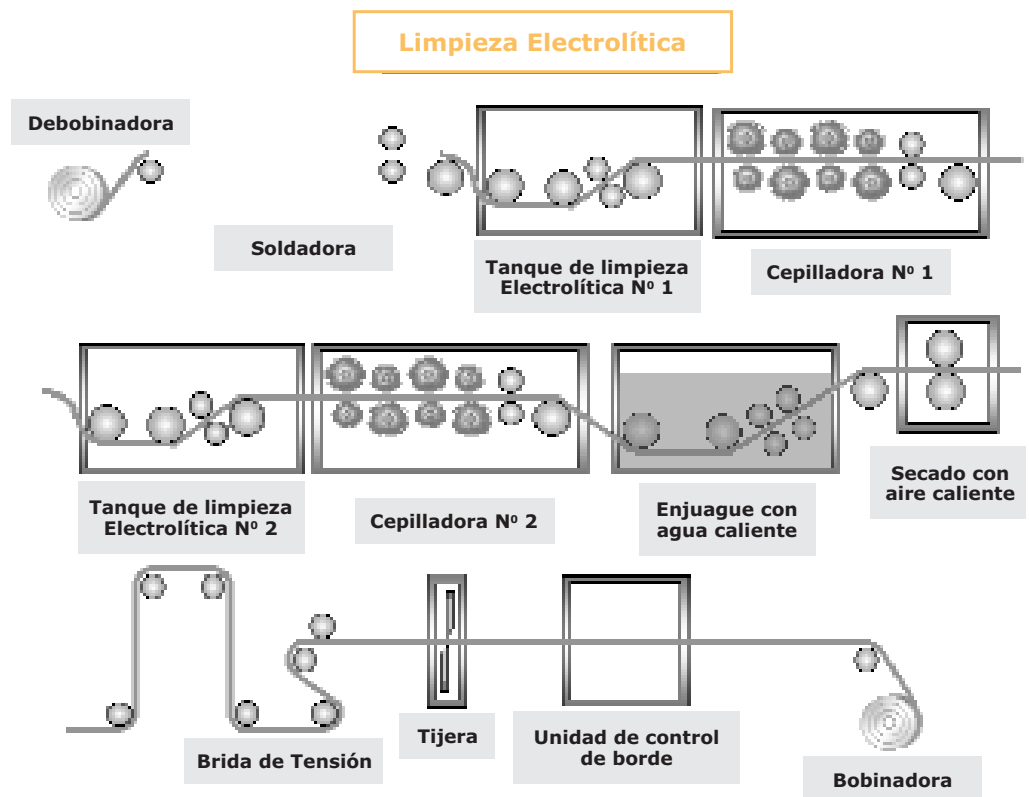
En este proceso la materia prima utilizada son las bobinas LAF de espesores entre 0.18 y 0.70 mm y anchos entre 700 y 1250 mm.

Los productos son bobinas LAF con limpieza electrolítica de las mismas dimensiones de las de entrada. El equipamiento utilizado consta de dos tanques de limpieza alcalina potenciada por acción electrolítica potenciada por acción electrolítica, dos tanques de cepillado y un tanque de enjuague; un equipo de secado y un sistema seguidor de bordes.

La velocidad de operación máxima es de 650m/min y la capacidad anual es de 160 mil toneladas.

### 1.2.5.2 Descripción del Proceso de Limpieza Electrolítica

La bobina proveniente del Laminador en Frío es despuntada a la entrada y soldada en forma solapada a la cola de la bobina en proceso, para arrastrarla a lo largo de la línea. Además se eliminan, por medio de la cizalla, tramos de chapa fuera de espesor.



La chapa recorre cinco tanques: dos de lavado y dos de cepillado en forma alternada y finalmente, un tanque de enjuague. En los tanques primero y tercero se limpia la chapa con una solución alcalina<sup>5</sup> a 85°C aproximadamente, para saponificar<sup>6</sup> y disolver la grasitud que dejó la solución de laminado.

Esta limpieza se potencia por la agitación y el burbujeo que provocan en la solución, por acción electrolítica, los 4 juegos de electrodos de diferente polaridad que tiene cada tanque. La soda cáustica y otros elementos alcalinos, son los componentes típicos de la solución limpiadora. La chapa pasa por dos tanques de cepillado de sus dos caras, en presencia de solución alcalina donde continúa el proceso.

En el quinto tanque se le aplica agua caliente a presión y se la escurre con rodillos especiales. Por último la chapa es secada con aire caliente a presión. Luego se separan las bobinas, eliminando la soldadura inicial que sirvió para arrastrar la chapa, y se rebobinan.

<sup>5</sup> Solución Alcalina: Solución Básica, muy alta en PH. Por ejemplo la Soda cáustica.

<sup>6</sup> Saponificar: Formar jabón.

En esta última operación se utiliza un seguidor de bordes, que es un dispositivo óptico de "monitoreo de la ubicación real" del borde de la chapa y transmite una señal eléctrica, que genera pequeños movimientos del mandril bobinador, obteniendo de esta forma laterales de bobinas planos. La tensión de bobinado debe ser la adecuada para evitar inconvenientes en el manipuleo y procesos posteriores.

### 1.2.6 Recocido

#### 1.2.6.1 Introducción

El objetivo del proceso de Recocido, es corregir en la chapa la estructura metalográfica deformada por el LAF, otorgándole al material las propiedades mecánicas requeridas para su uso. En el proceso de laminado en frío, la estructura granular y cristalina del acero se deforma (aumenta su dureza, acritud y fragilidad) inhabilitándolo para posteriores operaciones de conformado.



La materia prima del proceso de recocido son todas la bobinas Laminadas en Frío excepto las crudas o "full hard" que se destinan a Venta Directa o Líneas de Galvanizado de Ternium Argentina. Como producto del proceso de Recocido se obtienen bobinas LAF recocidas con las mismas dimensiones que las bobinas que salen del Laminador.

El equipamiento utilizado en Planta San Nicolás consiste en 138 bases del tipo HNX (Gas inerte utilizado: 93% Nitrógeno + 7% Hidrógeno) y 14 bases del tipo Ebner (100% Hidrógeno) y la capacidad anual es de 490 mil toneladas. El equipamiento utilizado en Planta Ensenada está compuesto de 75 bases del tipo HNX y 14 bases del tipo Ebner y la capacidad anual es de 560 mil toneladas.

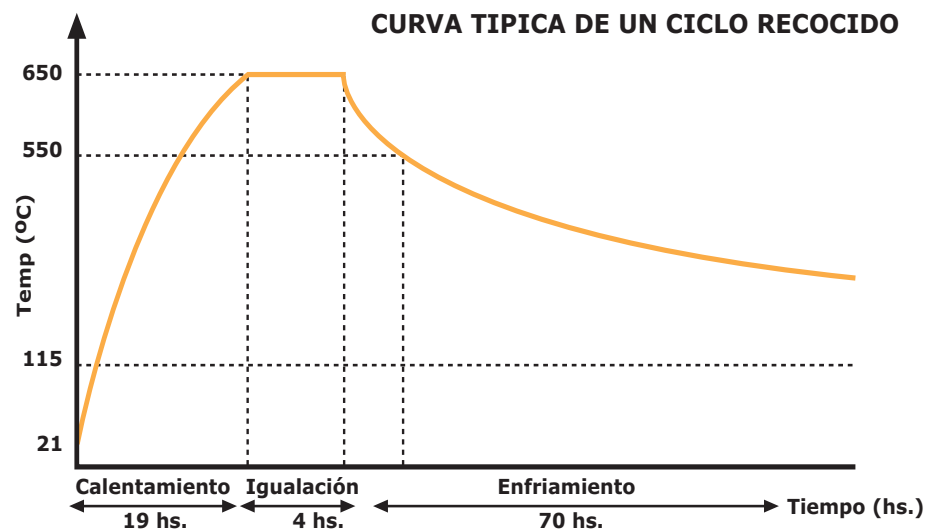
### 1.2.6.2 Descripción del Proceso

El Recocido es un tratamiento térmico cuyo objetivo es lograr la recristalización: regeneración de la estructura deformada en el laminado del material, y está definido por un ciclo que responde a una curva de temperatura-tiempo. Esta curva se define por las propiedades mecánicas requeridas, peso y dimensiones del material. Las bobinas se apilan de a 3 o 4 unidades según el ancho, en las bases de recocido, apoyándolas sobre placas separadoras. Para efectuar el tratamiento térmico y evitar oxidar las bobinas se cubren con una campana interior que sella sobre la base con sellos cerámicos, para no permitir la entrada de oxígeno. Se elimina el aire interior con la inyección de un gas inerte, con una leve sobrepresión (purgado).

Luego se coloca el horno por encima de la campana y se enciende dando comienzo al proceso de recocido. El calentamiento de las bobinas se realiza en forma indirecta por la circulación del gas inerte a alta temperatura para que la bobina alcance la temperatura establecida en el ciclo programado. El gas circula alrededor de la pila de bobinas y entre sus espiras (vueltas de bobinas) ayudado por un ventilador de base. Esto último se logra por la dilatación térmica del material que abre espacios entre espiras (centésimas de mm).

Una vez que se alcanza la temperatura programada en el ciclo (campo ferrítico), comienza un proceso de igualación de la temperatura en el cual esta se mantiene constante. Luego comienza el período de enfriamiento apagando el horno y retirándolo sin mover la cubierta interior, para preservar el sellado.

Todas las mediciones de temperatura se realizan mediante termocuplas. Cuando la temperatura llega a los 550°C se coloca una cubierta enfriadora para acelerar el enfriamiento. Esta cubierta es de forma cilíndrica y está montada sobre el piso con patas para permitir la entrada del aire por la zona inferior.





En la parte superior posee una abertura central con un ventilador que fuerza la circulación de aire alrededor de la campana. Existen otros modelos con ventiladores tangenciales en la base. Al alcanzar aprox. los 115°C se retiran las cubiertas (enfriadora e interior), descargándose la base. Las bobinas son colocadas en la playa de carga del proceso siguiente: Temple y se espera que bajen su temperatura a menos de 40°C.

Los Ciclos del Recocido (calentamiento, igualación y enfriamiento), son prolongados: Para las bases del tipo HNX la duración total del ciclo es de entre 90 y 130 hs. y para las bases del tipo Ebner está entre 40 y 60 hs. La gran diferencia entre ambos esta dada por la mayor conductividad térmica del hidrógeno. Por lo tanto se requiere la disponibilidad de gran cantidad de bases, cubiertas y hornos (cada base soporta 3 o 4 bobinas solamente) para que este proceso no se convierta en cuello de botella del proceso LAF.

El gas inerte utilizado en el proceso tiene dos variantes:

- En bases HNX: 93% Nitrógeno y 7% Hidrógeno
- En bases EBNER: 100% Hidrógeno

La tecnología EBNER, más moderna, permite mejorar algunas de las variables del proceso:

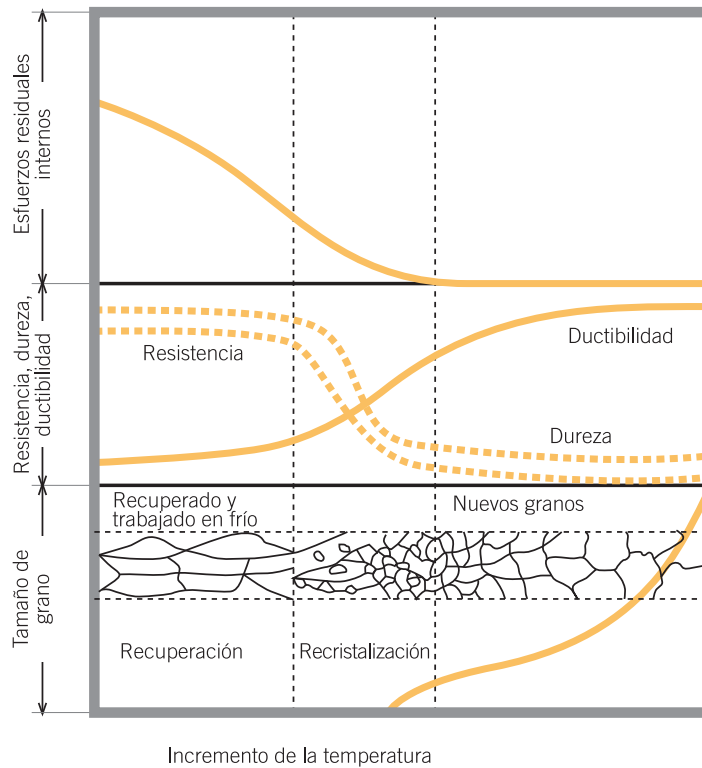
- Mayor transmisión de calor a las bobinas a través del gas, reduciendo el ciclo de recocido
- Mayor homogeneidad del calentamiento en distintos sectores de la bobina, uniformizando la estructura y propiedades mecánicas
- Mayor limpieza en la chapa obtenida por facilidad en el paso del gas entre espiras de la bobina

Una variante que existe en el mundo al equipamiento del Recocido de Ternium Argentina (Recocido Estático o Batch) es el Recocido Continuo. Este consiste en hacer pasar la chapa LAF debobinada por un horno a alta temperatura en un atmósfera inerte y reductora, permitiendo obtener las propiedades mecánicas requeridas en minutos. En general tiene incorporada una limpieza electrolítica previa y en algunos casos el temple posterior.

### 1.2.6.3 La Estructura en el Proceso de Recocido

El Proceso de Recocido consiste esencialmente en un calentamiento de la chapa por encima de la temperatura de recristalización de la ferrita. Esta temperatura depende del tipo de material y de la reducción efectuada en el Laminador. La recristalización es la sustitución de la estructura deformada en frío por un

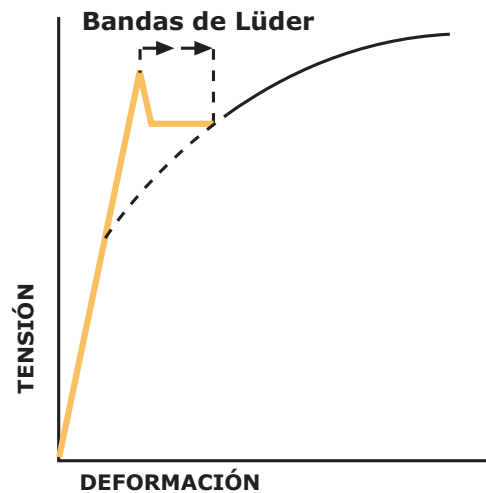
nuevo juego de granos sin deformar. La recrystalización, por lo tanto, crea una nueva estructura de granos y no una recuperación de los granos anteriores deformados.



Las etapas del ciclo de reconstitución del material se observan en la siguiente figura y se describen a continuación:

- Restauración o recuperación o alivio de tensiones (entre 150 y 300°C). Ocurre un reacondicionamiento de la estructura cristalina y con ello la eliminación de tensiones internas.
- Recristalización. En los límites de granos deformados, comienzan a nuclearse y desarrollarse los nuevos granos, con la misma morfología que los originales sin deformar. A mayor deformación, mayor número de nuevos granos y por lo tanto menor tamaño de grano recristalizado.
- Crecimiento de grano. Si continúa aumentándose la temperatura o se mantiene un tiempo prolongado la misma, comienza el proceso de crecimiento de grano (los granos más pequeños son absorbidos por los vecinos). El crecimiento es mucho más sensible al aumento de la temperatura que al tiempo de permanencia.

Una vez obtenida la estructura que garantiza las propiedades mecánicas requeridas comienza el enfriamiento que por ocurrir en el campo ferrítico no altera las mismas por cambios de fase. El recocido permite restaurar y definir las propiedades mecánicas del acero LAF, que varían según el ciclo aplicado de acuerdo al destino final de la chapa.



Sin embargo, el proceso tiene algunas consecuencias negativas para el material:

- El material puede presentar inconvenientes de embutibilidad y alta tendencia a la generación de defectos como el quebrado por la presencia del fenómeno de fluencia discontinua originado por la presencia de carbono y nitrógeno en solución (no combinado como carburos o nitruros). Además de bandas de menor dureza.
- Espiras de las Bobinas Arrugadas.
- Suciedad de la bobina por residuos de aceites y restos de soluciones de procesos anteriores (sólo en materiales sin pasaje previo por limpieza electrolítica).

Por ello es inevitable el proceso posterior de Templado que corrige estos problemas previniendo inconvenientes en la utilización final de la chapa.

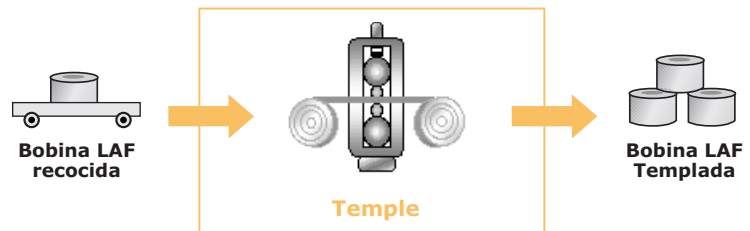
## 1.2.7 Templado

### 1.2.7.1 Introducción

El objetivo principal del proceso de templado o temperado es eliminar de la chapa recocida la zona de fluencia discontinua, característica de la mayoría de los aceros de medio y bajo carbono sin la formación de Bandas de Lüder<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Bandas de Lüder: variación en la estructura localizada que se produce en un material recocido sin templar.

Además se corrigen las zonas arrugadas producidas en el Recocido devolviéndole planitud al material y se define la terminación superficial final de la chapa (rugosidad).



La materia prima del proceso de temple son todas las bobinas laminadas en frío recocidas. Como producto del proceso de temple se obtienen bobinas LAF templadas. El ancho se mantiene constante, el espesor es prácticamente el mismo (reducción entre el 0.6 y 1.2%) y el largo es definido de acuerdo al peso requerido para el producto final. El equipamiento utilizado en Planta San Nicolás consiste en dos laminadores de temple: Temple 1 de una caja laminadora de disposición 4 en alto y Temple 2 de dos cajas laminadoras de disposición 4 en alto. Este último se utiliza básicamente para la chapa con destino a Hojalata (0.18 a 0.30 mm) y algunos espesores finos de LAF (< 0.6 mm). La capacidad anual es de 750.000 toneladas.

El equipamiento utilizado en Planta Ensenada consiste en un laminador de temple de una caja laminadora de disposición 4 en alto. La capacidad anual es de 600.000 toneladas.

#### 1.2.7.2 Descripción del Proceso

La chapa LAF pasa por una o dos cajas laminadoras (Temple 2) y mediante esfuerzos combinados de compresión (laminado menor al 1.2%) y tracción o tiro entre brida de entrada y los cilindros de trabajo, se logra en la chapa la eliminación de la zona de fluencia discontinua. La brida de entrada es un conjunto de rodillos motorizados por donde pasa la chapa que resulta retenida estableciéndose un esfuerzo de tracción con la caja. Por otra parte el paso de la chapa por el laminador (produciendo una mínima reducción) sirve para recuperar la forma superficial de la misma eliminando las arrugas generadas en el Recocido mejorando la planitud. En el proceso de Temple 2 se utilizan dos cajas laminadoras con el fin de lograr materiales con terminados superficiales de mayor calidad para su utilización en la fabricación de hojalata.

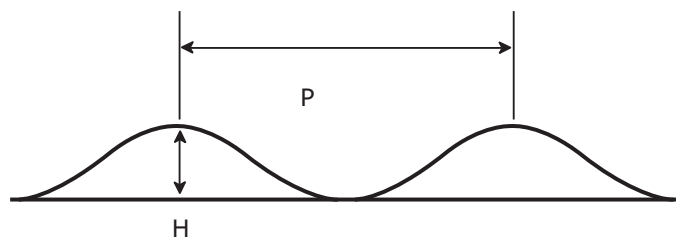
En materiales sin proceso previo de Limpieza Electrolítica, se realiza el Templado Húmedo que consiste en la aplicación de una solución que evita que los cilindros de trabajo se empasten con la suciedad proveniente de la bobina.

El acabado o terminado superficial se obtiene con el uso de cilindros de una rugosidad definida, por rectificado y granallado de los mismos, que puede ser Brillante, Semibrillante, Semimate o Mate y se realiza según requerimiento de uso final. Tanto en Planta San Nicolás como en Planta Ensenada existe una Línea de Inspección en Frío (LIF) y una Línea de Aplanado bajo tensión e Inspección (LAI). La Línea de Inspección en Frío (LIF) de Planta San Nicolás tiene una capacidad de inspección de 185.000 toneladas anuales, mientras que la capacidad de la línea de Ensenada es de 195.000 toneladas. En estas Líneas de Inspección en Frío, sólo se inspecciona la calidad, se aceita para evitar la oxidación y se divide la bobina en peso, según los requerimientos del cliente.

### 1.2.8 Líneas de Aplanado bajo Tensión e Inspección

Las líneas de aplanado tienen como objetivo mejorar la planitud de la chapa LAF templada y a su vez se las utiliza para inspeccionar el material, aplicar el aceite protector para evitar la oxidación y dividir la bobina en peso de acuerdo a pedidos del cliente.

Ternium Argentina posee dos líneas de este tipo, una en Planta San Nicolás con capacidad de producción anual de 387.000 toneladas y otra en Ensenada cuya capacidad anual es de 235.000 toneladas. El proceso de aplanado consiste en realizar una deformación de la chapa en una caja de plegado con rodillos, bajo tensión entre bridas de entrada/salida. De esta forma se logra mejorar la planitud, definida por el paso de la onda (P) que presenta la bobina al ser desplegada sobre un plano horizontal y por la altura de la misma (H).



El índice de planitud se define como  $H/P \times 100$ . Ternium Argentina establece en el material aplanado un índice entre 0.7 y 1.3% dependiendo de la aplicación. Las líneas de aplanado tienen incorporadas una cabina de inspección visual en las que ingresa la chapa a baja velocidad y se ilumina en forma intensa para que un operador especializado detecte defectos superficiales y clasifique el material.

En estas líneas (LAI y LIF) se realiza un muestreo de material para analizar sus propiedades mecánicas y para determinar su limpieza superficial.

## Dimensiones STD

	Espesor mm		Ancho		Largo	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Bobinas	0.30	3.00	700	1605		
Hojas (en Centros de Corte)	0.30	3.00	700	1605	600 2001	2000 6000
Flejes (en Centros de Corte)	0.30 2.00	1.99 3.00	20	599		

## 1.2.9 Productos LAF

## Aplicaciones

- **Calidad Comercial:** Material con tratamiento térmico de recocido y temple mecánico apto para usos generales que requieren plegado, tales como muebles, gabinetes, partes de máquinas, artefactos eléctricos, etc.
- **Línea Blanca:** Material de alta calidad superficial y condiciones de proceso para satisfacer exigencias de planitud, de uso estándar en la Industria de Artículos del Hogar: Heladeras, freezers, termotanques, etc.
- **Envases Industriales:** Materiales especialmente desarrollados para la fabricación de tambores, que combinan propiedades de soldabilidad, expandido y resistencia.
- **Uso enlozado:** Material apto para esmaltado con fundente y esmalte. Soporta proceso de enlozado de 2 capas 1 fuego y 2 capas 2 fuegos. Para usos en Lavarropas, cocinas, secadores, hornos. La calidad SID-EP-LOZA es apta para embutido cuyos usos principales son bañeras y bateas de lavarropas.
- **Alto Resistenciales:** Materiales fabricados a partir de aceros que combinan propiedades mecánicas con buenas condiciones de conformabilidad y soldabilidad. El BH180 posee la característica de incrementar la fluencia cuando es sometido a ciclos térmicos de baja temperatura, como el proceso de curado de pinturas. Para usos en paragolpes, parantes, travesaños, pisos de automotores, caños estructurales, etc.
- **Uso Eléctrico:** Los materiales de calidades para usos eléctricos corresponden a aceros de grano no orientado. Estas alcanzan las mejores propiedades eléctricas después de que el fabricante de motores aplica un tratamiento térmico especial. SID-ELE-1: motores de baja y media potencia. SID-ELE-2: pequeños transformadores, balastos y motores eléctricos de alta y media potencia.



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

6. Revestidos

## Capítulo 6. Revestidos

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

- Identificar las diferentes etapas del proceso de Revestidos en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

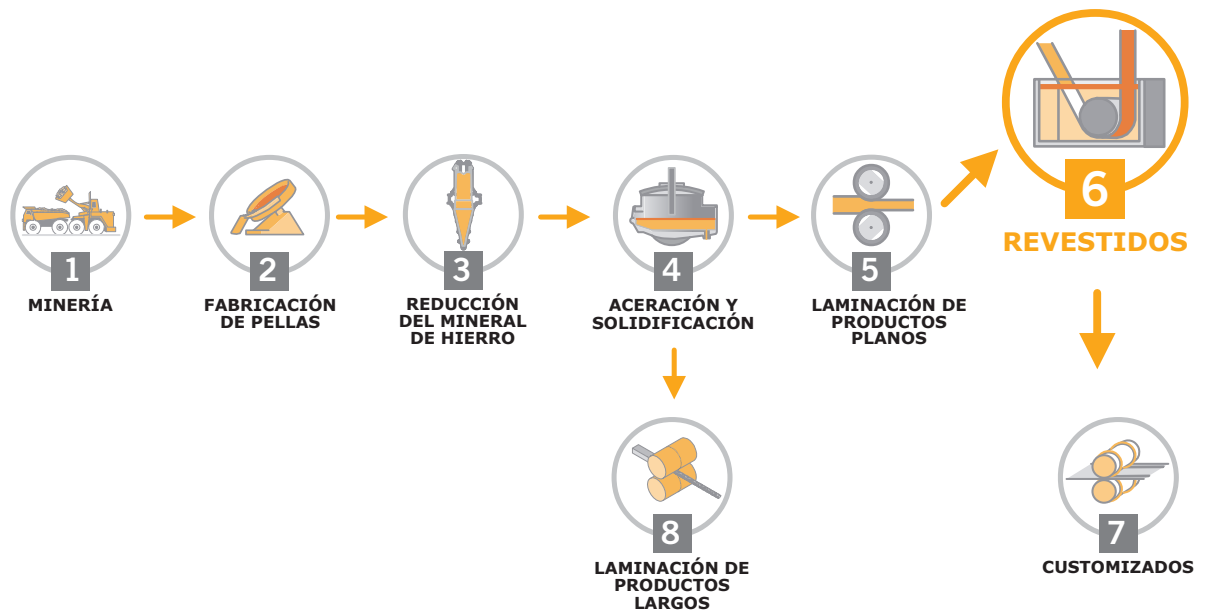
Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>2</b>	<b>I Generalidades</b>
<b>2</b>	<b>I.i El proceso Revestidos en la Fabricación del Acero</b>
<b>2</b>	<b>I.ii Conceptos Básicos de Revestidos</b>
<b>2</b>	A. Introducción
<b>3</b>	B. Diferencia entre la Oxidación y Corrosión
<b>3</b>	C. El Hierro y la Corrosión
<b>3</b>	<b>I.iii Revestidos</b>
<b>3</b>	A. Definición del Proceso de Revestidos
<b>5</b>	B. Tipos de Recubrimientos
<b>5</b>	C. Ubicación y Capacidad
<b>6</b>	<b>I.iv Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium</b>
<b>7</b>	<b>1 Ternium Argentina</b>
<b>7</b>	<b>1.1 Introducción</b>
<b>7</b>	<b>1.2 Estañado Electrolítico</b>
<b>8</b>	1.2.1. Ubicación y Flujo
<b>9</b>	1.2.2. Descripción del Proceso
<b>15</b>	1.2.3. Productos
<b>16</b>	<b>1.3 Electroincado</b>
<b>16</b>	1.3.1. Introducción
<b>17</b>	1.3.2. Ubicación y Flujo
<b>17</b>	1.3.3. Descripción del Proceso
<b>22</b>	1.3.4. Productos
<b>23</b>	<b>1.4 Galvanizado Continuo por Inmersión en Caliente</b>
<b>23</b>	1.4.1. Introducción
<b>24</b>	1.4.2. Ubicación y Flujo
<b>25</b>	1.4.3. Descripción del Proceso
<b>32</b>	1.4.4. Productos
<b>33</b>	<b>1.5 Pintado Continuo en Bobinas</b>
<b>33</b>	1.5.1. Introducción
<b>34</b>	1.5.2. Ubicación y Flujo
<b>38</b>	1.5.3. Descripción del Proceso
<b>38</b>	1.5.4. Productos



## I Generalidades

### I.i El Proceso Revestidos en la Fabricación del Acero

El proceso Revestidos, es un proceso que forma parte de la etapa seis en la Fabricación del Acero.



### I.ii Conceptos Básicos de Revestidos

#### A. Introducción

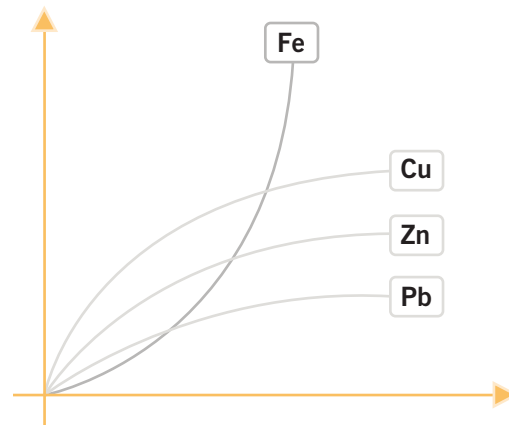
Los metales se encuentran en la naturaleza en forma de Óxidos o minerales (con excepción de los llamados metales nobles). Esto implica que la condición de equilibrio estable se da cuando el metal se encuentra en estado impuro, pero las propiedades mecánicas que hacen del metal un elemento útil, son atributos del metal puro, en consecuencia, si no reciben un tratamiento protector, tienden a volver a su estado natural. Esta tendencia se manifiesta fundamentalmente con la formación de Óxidos, dando lugar a los fenómenos de Oxidación y Corrosión.

#### B. Diferencia entre la Oxidación y Corrosión

Existe una marcada diferencia entre Oxidación y Corrosión, ambas se producen por una reacción química entre el metal y el Oxígeno, la diferencia está en las propiedades de la película que se forma. Si la película superficial es hermética, continua, impermeable, insoluble, adherente y auto regenerable, el proceso se denomina Oxidación, ya que esta película protege al metal de una posterior reacción química. Si la película superficial no cumple con alguna de las condiciones anteriores, la reacción se denomina Corrosión y el metal se degrada continuamente.

### C. El Hierro y la Corrosión

El Hierro es uno de los metales más afectado por la Corrosión, como puede observarse en la figura. La Corrosión trae consigo dos consecuencias graves, una es la pérdida económica debido al deterioro y posterior renovación de la estructura metálica, la otra es la pérdida de capacidad de carga, que introduce un alto riesgo para las personas.



### I.iii Revestidos

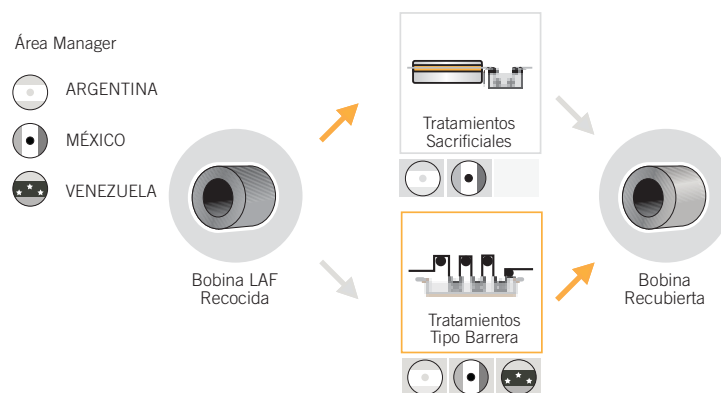
#### A. Definición del Proceso de Revestidos

El proceso de Revestidos consiste en el recubrimiento de los metales para protegerlos de los efectos de la Oxidación y la Corrosión.

#### B. Tipos de Recubrimientos

Existen dos tipos de recubrimientos:

- Tratamiento Tipo Barrera
- Tratamientos Sacrificiales



**Tratamiento Tipo Barrera:** La misión de estos tratamientos es formar sobre la superficie del acero un film de espesor uniforme, y con la mayor adherencia posible a la misma, con el objeto de aislar a ésta del contacto con el oxígeno, la humedad, y otros contaminantes de la atmósfera o del medio donde se encuentre inmersa. La eficacia de estos protectores se conserva mientras dura la integridad del film.

**Tratamientos Sacrificiales:** Tiene la particularidad que el efecto de protección del acero contra la corrosión se obtiene a partir de que quien sufre los efectos de ella es el revestimiento que se consume disolviéndose.

Las Áreas Manager de Ternium, en donde se realizan los tipos de recubrimientos del proceso de Revestidos son:

Área Manager	Recubrimiento Tipo Barrera	Recubrimiento Sacrificiales
<b>Argentina</b>	Los recubrimientos tipo barrera llevados a cabo en Ternium Argentina son: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pintado</li> <li>■ Estañado Electrolítico</li> </ul>	Los recubrimientos sacrificiales llevados a cabo en Ternium Argentina son: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Electrocincado</li> <li>■ Galvanizado Continuo por inmersión en caliente</li> </ul>
<b>México</b>	Los recubrimientos tipo barrera que se llevan a cabo en Ternium México son: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Galvalume ®</li> <li>■ Galvanneal</li> <li>■ Pintado</li> </ul>	El recubrimiento sacrificial llevado a cabo en Ternium México es: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Galvanizado</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	Los recubrimientos tipo barrera que se llevan a cabo en Ternium Venezuela son: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Estañado Electrolítico</li> <li>■ Cromado Electrolítico</li> </ul>	

### C. Ubicación y Capacidad

Las plantas de Ternium en donde se realiza el proceso de Revestidos, cuentan con la siguiente capacidad de producción:

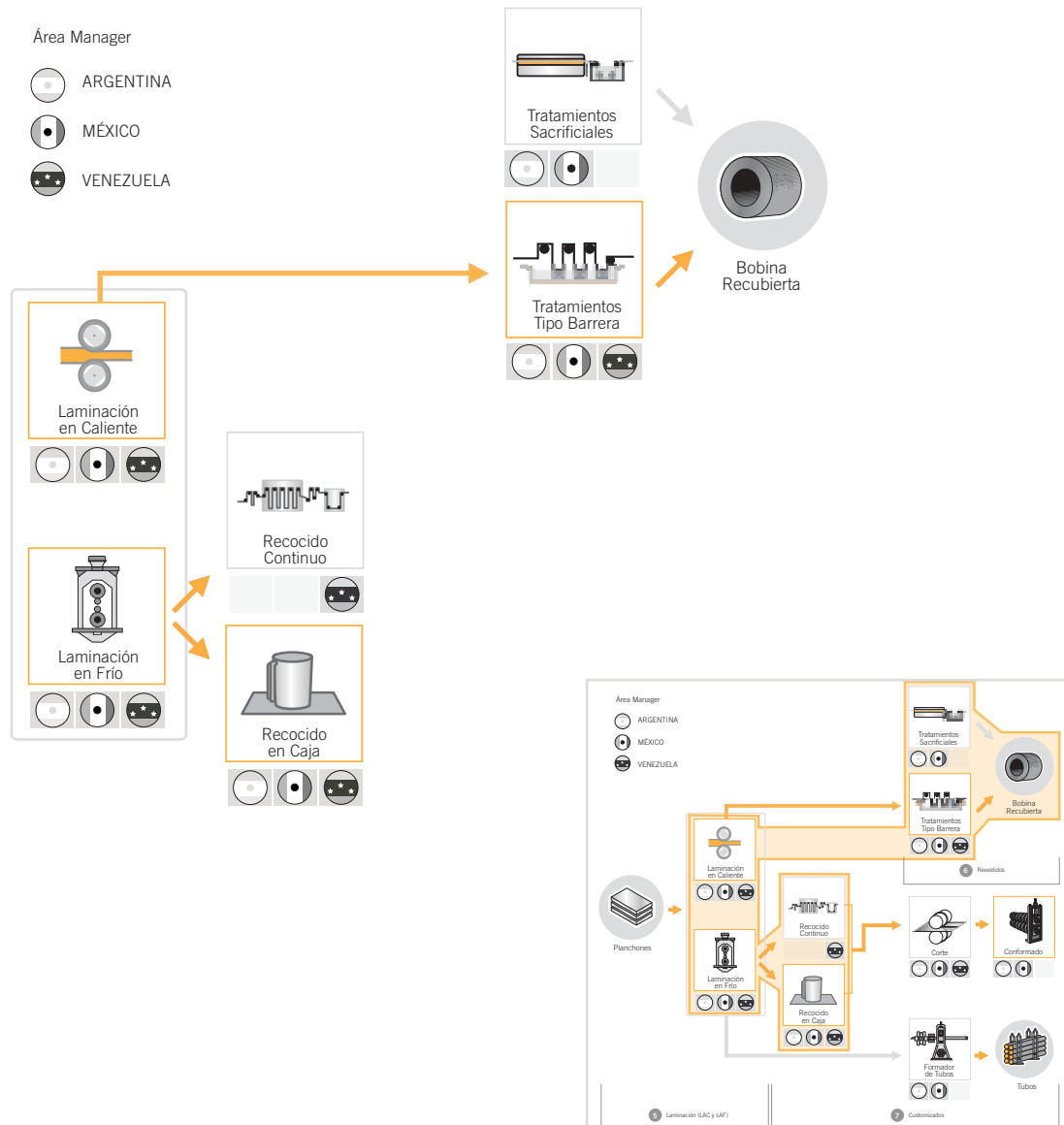
Área Manager	Ubicación	Capacidad
<b>Argentina</b>	<p>Abarca cuatro plantas separadas geográficamente, las cuales se encuentran en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planta San Nicolás, en donde se realiza el tratamiento Estañado Electrolítico.</li> <li>■ Planta Sidercolor ubicada en Florencio Varela, donde se realiza el tratamiento Electrocinchado.</li> <li>■ Plantas de Canning y Haedo en donde se realiza el tratamiento Galvanizado.</li> <li>■ Planta de Canning en donde se realiza el proceso de Pintado.</li> </ul>	<p>Las plantas en el área de Revestidos de producen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Estañado Electrolítico: 160 mil ton/año de Bobinas Hojalata.</li> <li>■ Electrocinchado: 100 mil ton/año.</li> <li>■ Galvanizado y Cincalum: 320 mil ton/año.</li> <li>■ Pintado Continuo 55 mil ton/año.</li> </ul>
<b>México</b>	<p>Las plantas de Revestidos de Ternium México son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planta Juventud</li> <li>■ Planta Universidad</li> <li>■ Planta Monclova</li> <li>■ Planta Louisiana</li> <li>■ Planta Guatemala</li> </ul>	<p>Las plantas tienen una capacidad de producción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Galvanizado: 1853 Mton/año.</li> <li>■ Pintado: 814 mil ton/año.</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	<p>En Ternium Venezuela, se cuenta con líneas de recubrimiento Electrolítico en la Planta de Laminación en Frío ubicada en la zona centro oriental.</p>	<p>La planta tiene una capacidad de producción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Estañado-Cromado produce 150 mil ton/año.</li> <li>■ Línea de Estañado 2 produce 150 mil ton/año.</li> </ul>

Los productos que se obtienen al aplicar los diferentes tipos de recubrimientos en el proceso Revestidos, pueden tener los siguientes destinos:

- Ventas Directas
- Continuar a líneas de procesos posteriores, como el proceso de Customizados.

### I.iv Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

El diagrama siguiente muestra los procesos de la etapa Revestidos, en la Fabricación del Acero así como las Áreas Manager en donde se realizan:



## 1 Ternium Argentina

### 1.1 Introducción

Para proteger al acero en Argentina se realizan dos tipos de protecciones:

#### ■ Tratamiento Tipo Barrera.

Los procesos de Revestimiento de tipo Barrera que se realizan en Ternium Argentina son:

- Aceitados
- Pintados
- Estañado Electrolytico

Otro revestimiento posible de este tipo es el Cromado.

#### ■ Tratamientos Sacrificiales:

En Ternium Argentina se utilizan los siguientes procesos:

- Electrocincado
- Galvanizado Continuo por Inmersión en Caliente

### 1.2 Estañado Electrolytico

El proceso de Estañado Electrolytico permite aprovechar en un solo producto las características de resistencia mecánica, conformabilidad y soldabilidad del acero, con la protección no tóxica del estaño depositado electrolyticamente, que hace ideal el producto para el envasado y conservación de alimentos.

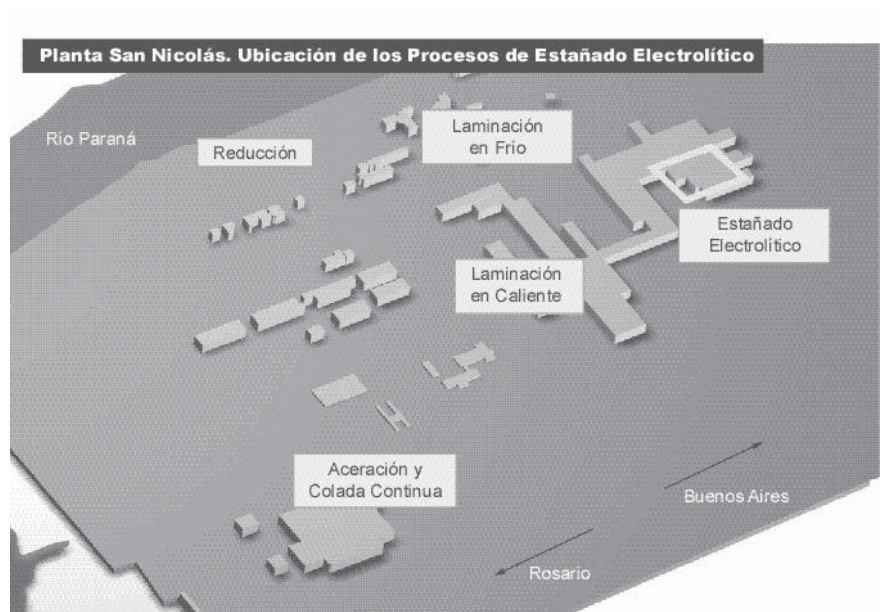


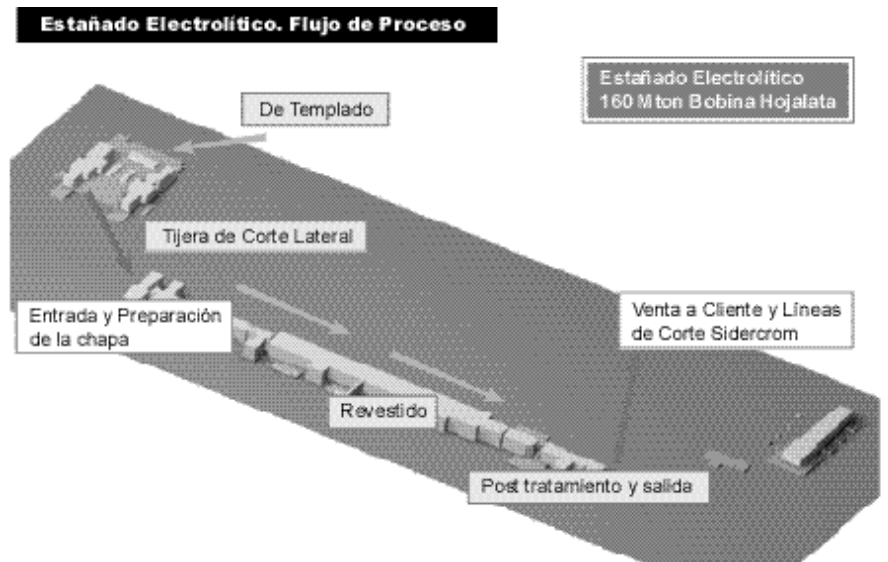
La materia prima son bobinas LAF recocidas, templadas y refiladas de espesores entre 0.17 y 0.50 mm y anchos entre 510 y 965 mm. El producto son bobinas de hojalata con acabado superficial mate, semimate, stone finish y brillante de las mismas dimensiones. El peso máximo es 15 Toneladas.

El equipamiento utilizado en la Línea de Estañado electrolítico consta de dos debobinadores, una soldadora de última generación, un acumulador vertical de 420 m que permite que se realice la soldadura sin disminuir la velocidad de proceso de línea, una tensoniveladora para mejorar defectos de forma en la chapa, cubas de pretratamiento, estañado, torre de fusión, tanques de apagado, tratamiento químico y enjuague, un aceitador electrostático y medidores de espesor y de recubrimiento y dos bobinadoras.

La velocidad máxima de proceso es de 305 m/min. Tiene una Capacidad de 160 mil toneladas por año.

### 1.2.1 Ubicación y Flujo del Proceso





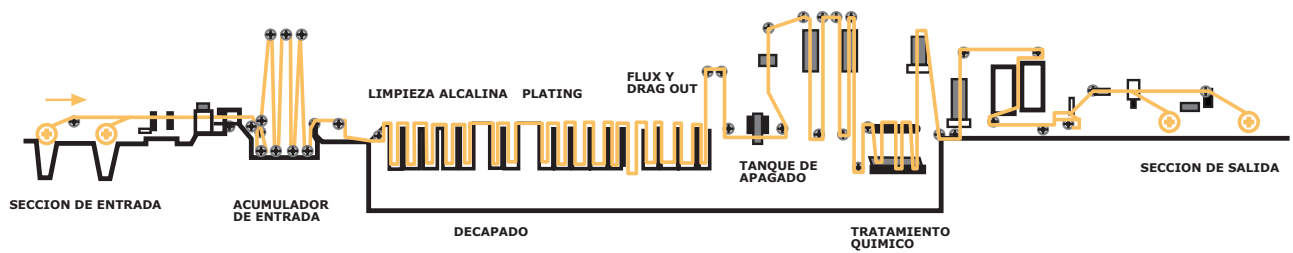
### 1.2.2 Descripción del Proceso

Las etapas del Estañado Electrolítico son:

- Entrada y Preparación de la Chapa
- Revestido
- Post tratamiento y Salida

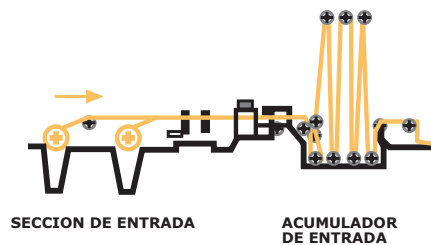
A continuación se observa un diagrama de todo el proceso y luego se detallan sus partes.





### Entrada y Preparación de la Chapa

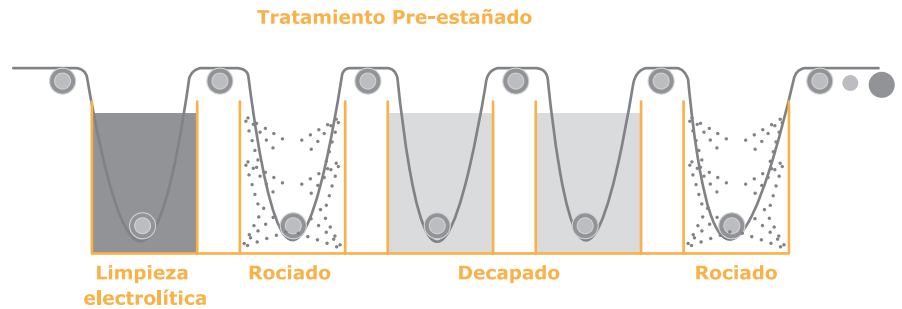
Previo al ingreso a Estañado la bobina pasa por un proceso donde se le refilan los bordes dándole el ancho requerido por el cliente, con una tijera de recorte lateral (TRL). Para procesar una bobina nueva es necesario arrimar la chapa entrante hasta la soldadora. Se escuadran por corte, cola y cabeza, se une la cabeza de bobina a la cola de la anterior por “soldadura de solape angosto” (Narrow Lap Weld)<sup>1</sup>.



Para poder independizar la velocidad de entrada de la chapa de la del proceso de estañado durante el soldado y asegurar la continuidad del trabajo en la línea, la misma cuenta con un acumulador vertical (foso y altura) en el que se almacena chapa que es consumida por la línea durante el tiempo que demora la realización de la soldadura.

Para adecuar la forma de la chapa a los nuevos requerimientos del mercado, en el año 2003 se incorporó una Tensionizadora de última generación que corrige defectos de forma.

<sup>1</sup> Soldadura de solape angosto (Narrow Lap Weld): soldadura eléctrica de solape de 2 mm.

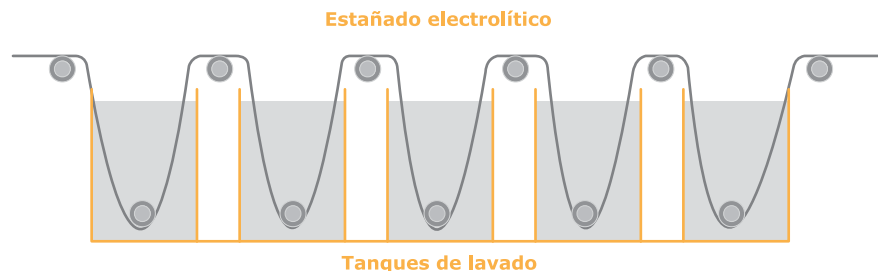


Como la chapa debe llegar perfectamente limpia a las cubas de estañado, se realiza una limpieza doble en la chapa eliminando la grasitud o aceitado remanente. Primero se utilizan soluciones alcalinas en caliente ayudadas por electrólisis<sup>2</sup> que le da polaridad y turbulencia a la solución favoreciendo la limpieza, luego se enjuaga la chapa por rociado.

Luego del enjuague anterior la chapa ingresa al proceso de decapado. Éste se realiza con una solución de ácido sulfúrico, y tiene como función eliminar óxidos y activar la superficie. El decapado también tiene un paso por inmersión y un decapado electrolítico. Finalmente se enjuaga la chapa con agua por inmersión y rociado a presión.

### Revestimiento

Se realiza un revestimiento de electroestañado<sup>3</sup>, basado en el fenómeno de la electrólisis. La chapa recorre seis cubas o recipientes a este efecto.



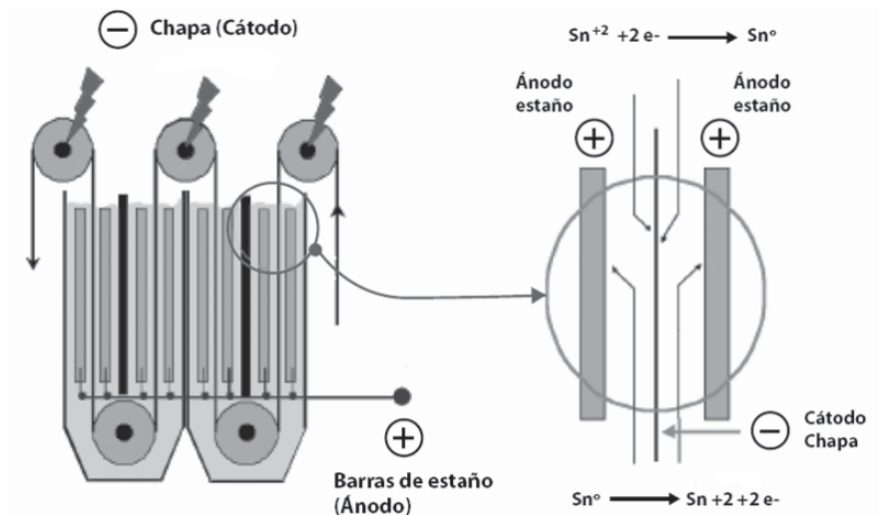
Las mismas contienen un electrolito que es una solución con iones estañosos y protones de hidrógeno aportados por el ácido Parafenol Sulfónico (PSA) y otros elementos en agua desmineralizada a temperatura entre 30°C y 60°C en circuito cerrado. Los iones en la solución son los encargados de transportar la corriente eléctrica y así poder cerrar el circuito. Para producir la electrólisis se polariza la chapa negativamente (cátodo). La carga eléctrica le llega al estar en contacto con los rodillos conductores, que a su vez contribuyen en el avance de la chapa. El polo positivo (ánodo) está conectado a las barras de estaño de alta

<sup>2</sup> Electrólisis, es el proceso de descomposición de una sustancia (por ejemplo agua) por acción de la corriente eléctrica.

<sup>3</sup> Electroestañado: Es el revestimiento del acero con estaño a través de un proceso electrolítico.

pureza, inmersas en la solución electrolítica.

En el polo positivo, el ánodo (barra de estaño), se produce la oxidación del Sn (electrodisolución)  $\text{Sn}^0 \rightarrow \text{Sn}^{+2} + 2\text{e}^-$  y el proceso inverso (electrodeposición) ocurre sobre la chapa  $\text{Sn}^{+2} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^0$ . Dando origen así al recubrimiento de estaño.



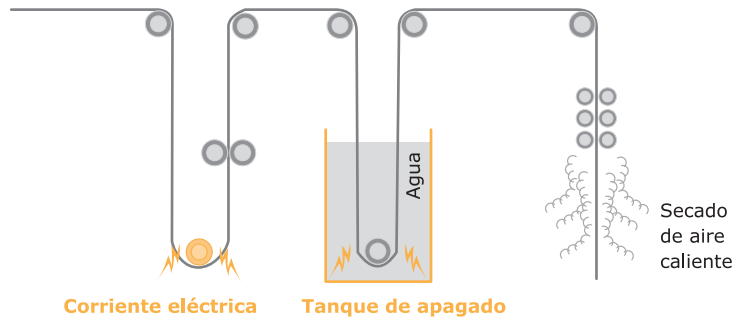
Para poder lograr el control de la electrodeposición (tamaño y distribución del depósito) se emplea un aditivo de absorción comúnmente denominado abrillantador. Las barras están dispuestas en forma especial de manera que el recubrimiento de estaño cubra ambas caras de la chapa. Cuando sale del sexto y último recipiente, la chapa entra en un tanque que contiene agua de condensado acidificada a fin de lavarla y recuperar restos del electrolito.

La homogeneidad y calidad del depósito están definidas por: las concentraciones de las especies, la concentración del abrillantador, la temperatura del electrolito, la densidad de corriente y el nivel de turbulencia desarrollado. El espesor o capa de estaño del revestido (Sn) depositado depende básicamente de la densidad de corriente y el tiempo de deposición, es decir, de la velocidad de la línea (máxima velocidad 305 m/min.), estando la línea diseñada para poder realizar depósitos de distintos pesos de estaño en cada cara. Por lo tanto, este proceso tiene la particularidad de producir distintos espesores (gramajes) u "hojalata diferencial". El espesor del depósito de estaño es controlado por un medidor continuo de radiación gama.

Para identificar los distintos recubrimientos diferenciales existentes, en función de una codificación establecida, se emplea un rodillo (Marcador) que deposita finas líneas longitudinales de una solución de dicromato de sodio sobre la cara superior del recubrimiento.

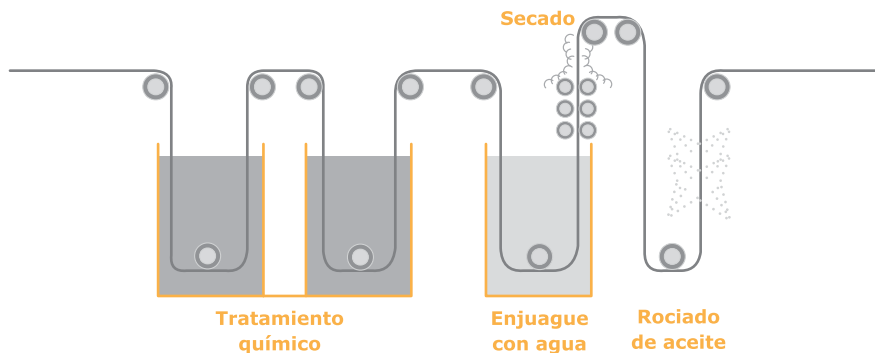
### Post tratamiento y Salida (Abrillantamiento y Alisado del Estaño)

La chapa revestida pasa por una torre que contiene rodillos electrificados con corriente alterna. Al tomar temperatura calientan la capa de estaño depositada, llegándola a fundir por completo (punto de fusión 232°C).

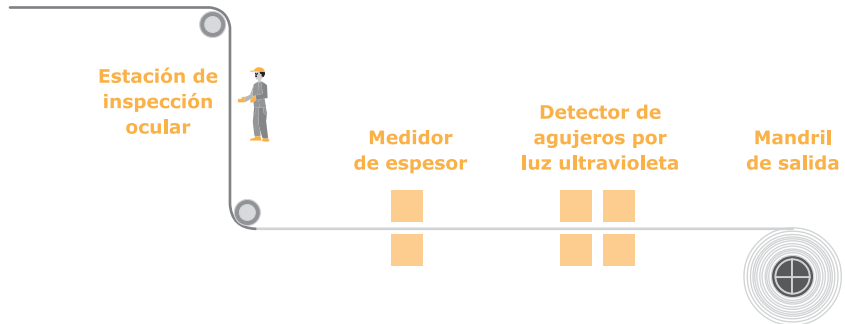


Este proceso es muy importante ya que da origen a una capa de intermetálico ( $\text{Sn}_2\text{Fe}$ ) que le confiere mayor resistencia a la corrosión al producto hojalata y adherencia del estaño a la chapa. A la salida de la torre de fusión la chapa caliente con el estaño fundido es "apagada" sumergiéndose en una cuba con agua caliente. En esta etapa se produce la solidificación, tomando así la hojalata su brillo característico.

A fin de proteger el revestimiento de estaño de la oxidación, la hojalata pasa a través de dos cubas electrolíticas, donde se produce el pasivado de la misma a través de un tratamiento químico con dicromato de sodio, formando óxidos de cromo. Este proceso tiene como funciones: prevenir la decoloración por oxidación del estaño y evitar fallas de adherencia en los procesos de litografiado y barnizado durante la fabricación de los envases. El espesor del pasivado es tan solo de 2/3 nanómetros.



Luego se enjuaga, por inmersión en agua caliente y por rociado con agua desmineralizada a 70°C, a fin de eliminar restos del electrolito; se seca con aire caliente, concluyendo el proceso con el aceitado electrostático, destinado a reducir las abrasiones y rayas que pueden generarse durante el manipuleo del material en los procesos de fabricación del cliente (corte, apilado, litografiado).



Posteriormente la chapa estañada pasa por una estación de inspección de calidad, donde es controlada en forma continua con un medidor de espesor de chapa por rayos "X" y un detector de agujeros, cuyas indicaciones, junto con la inspección de defectos del operador, son enviadas a un equipo computarizado que acumula el historial de inspección de cada bobina. Para mantener la continuidad del proceso se rebobina alternadamente en dos mandriles (o bobinadoras) para lo cual es necesario disminuir la velocidad de proceso a 120 m/min (velocidad de corte).



El siguiente esquema muestra un corte del producto final hojalata

### 1.2.3 Productos

#### Destinos

Las bobinas de hojalata son enviadas a las líneas de customizados o a Clientes Externos.

#### Dimensiones STD

Las bobinas de hojalata tienen un espesor entre 0.17 y 0.50 mm, mientras que el ancho varía entre 510 y 965 mm. La masa nominal del recubrimiento de estaño está entre 0.55 y 11.2 gr/m<sup>2</sup> por cara para el caso de igual recubrimiento en ambas caras. Para recubrimientos diferenciales va desde 1.4/2.8 gr/m<sup>2</sup> a 11.20/8.4 gr/m<sup>2</sup>. Ternium Argentina produce 4 tipos de acabado superficial: Brillante, Stone finish, Mate y Semimate, en las dimensiones antes mencionadas.

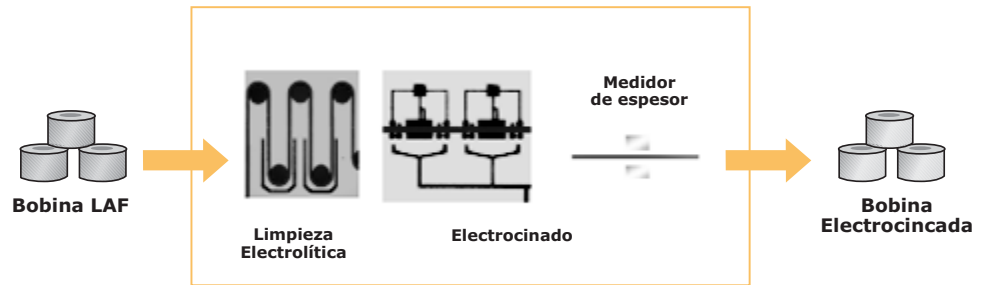
#### Aplicaciones

- **Temple 1:** Material blando apto para embutido. Para uso principalmente en piezas tales como filtros, domos, válvulas de aerosoles, etc.
- **Temple 2 y 2.5:** Material apto para embutido moderado en que se requiere algo de rigidez. Su uso es principalmente para tapas de envases a presión, tapas roscas, domos y baldes expandidos.
- **Temple 3:** Material apto para usos que requieren cierta rigidez para disminuir pliegues superficiales. Apto para la fabricación de cuerpos rolados y soldados, extremos de envases, tapas roscas de diámetro apreciable y tapas corona.
- **Temple 4:** Material de mayor rigidez. Apto para la fabricación de cuerpos de envases rolados y soldados, tapas y fondo de envases, tapas corona.

### 1.3 Electrocoincado

#### 1.3.1 Introducción

El objetivo del Electrocoincado es el de revestir la chapa de acero con una capa de zinc metálico mediante deposición por vía electrolítica.



Este proceso fue puesto en marcha en diciembre de 1993. Como materia prima se utilizan bobinas LAF recocidas y templadas de espesores entre 0,30 y 2 mm, anchos entre 600 y 1600 mm y pesos de hasta 20 toneladas.

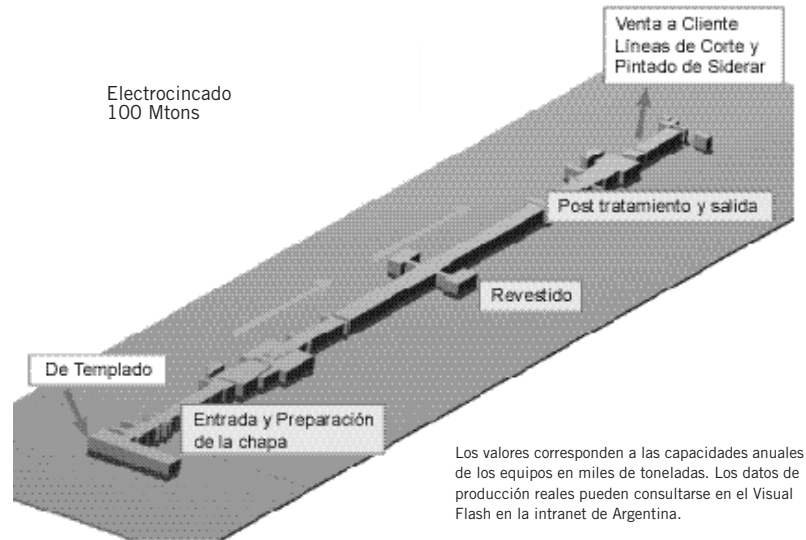
El producto son Bobinas Electrocoincadas de las mismas dimensiones cuyo recubrimiento tiene un espesor nominal que varía entre 2,5 y 9 micrones. La línea de Electrocoincado consta principalmente de equipamientos de Pretratamiento (alcalino / ácido), Tratamiento (cincado en celdas electrolíticas) y Pos-tratamiento de lavado, fosfatizado y pasivado. La velocidad de operación varía entre 15 m/min y 53 m/min, de acuerdo al espesor de recubrimiento y ancho de la chapa a producir.

La capacidad de producción es de 110 mil toneladas anuales.

### 1.3.2 Ubicación y Flujo del Proceso

Este proceso se realiza en la Planta de Florencio Varela. El plano muestra el lay out de la línea y el flujo del proceso.

Electrocincado Planta Florencio Varela: Flujo de Proceso

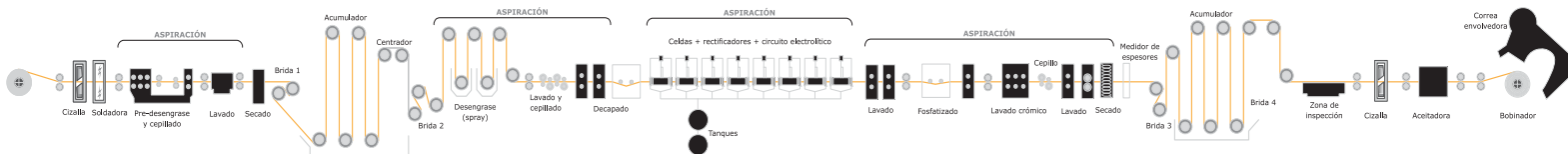


### 1.3.3 Descripción del Proceso

Las etapas del proceso de electrocincado son:

- Entrada y Preparación de la Chapa
- Revestido
- Post tratamiento y Salida

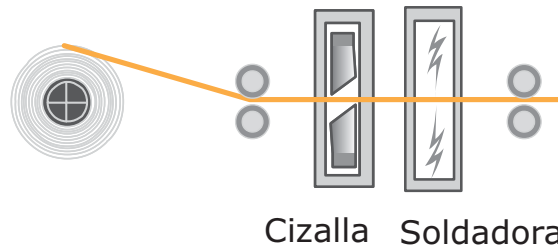
A continuación se observa un diagrama de todo el proceso y luego se detallan sus partes.





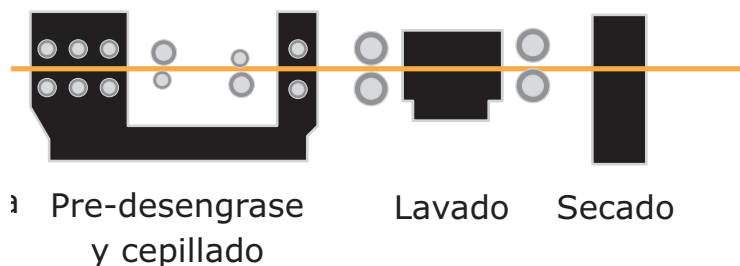
### Entrada y Preparación de la Chapa

Las bobinas que ingresan a la línea son acondicionadas y escuadradas para efectuar las operaciones de soldado a fin de darle continuidad al proceso. La operación de soldado de la cabeza de la bobina entrante y cola de la bobina en proceso es por puntos, y de acuerdo al espesor puede variar la cantidad de hileras de puntos que se realizan (entre 2 y 6). Para asegurar la perfecta adherencia del zinc a la chapa se realiza un tratamiento de limpieza alcalina y ácida.



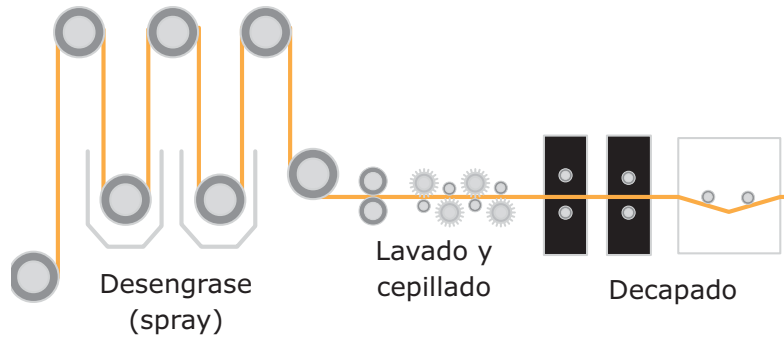
La limpieza comienza con un pre-desengrase por aspersion de solución alcalina caliente (aproximadamente 80°C), siguiendo con un lavado con agua industrial y un secado con aire caliente. Este paso es necesario para evitar abolladuras o punturas en la chapa por acumulación de suciedad en los rodillos del sistema acumulador.

El sistema acumulador, es un espacio donde se almacenan 70 metros de chapa con el fin de dar continuidad al proceso aún cuando la entrada se detenga para efectuar tareas de inspección o soldado. A la salida del acumulador, se encuentra un sistema centrador cuya finalidad es mantener la chapa centrada en las grillas de cincado.



La segunda fase de la limpieza comienza por un desengrase por spray, una celda de desengrase electrolítico, un sistema de cepillado en ambas caras y culmina con un lavado con agua a presión. La siguiente etapa es el decapado con

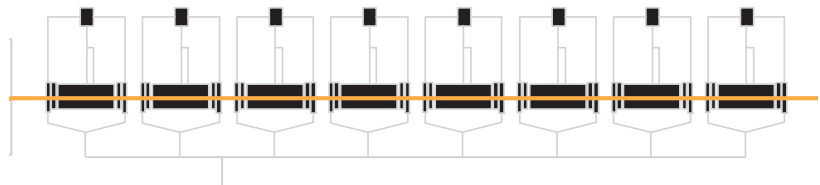
ácido sulfúrico diluido, para eliminar óxidos tenues y activar la superficie de la chapa a fin de mejorar el anclaje de revestimiento de Zinc.



### Revestido

La línea consta de 10 celdas electrolíticas, conformadas por electrodos (ánodos), horizontales, superiores e inferiores separados entre sí 30 mm. La chapa pasa, entre ambas grillas de ánodos en forma paralela para su recubrimiento. Tanto los ánodos como la chapa están sumergidos en el electrolito consistente en una solución ácida de Sulfato de Zinc ( $\text{So}_4 \text{Zn}$ ) a una temperatura de 60/70°C.

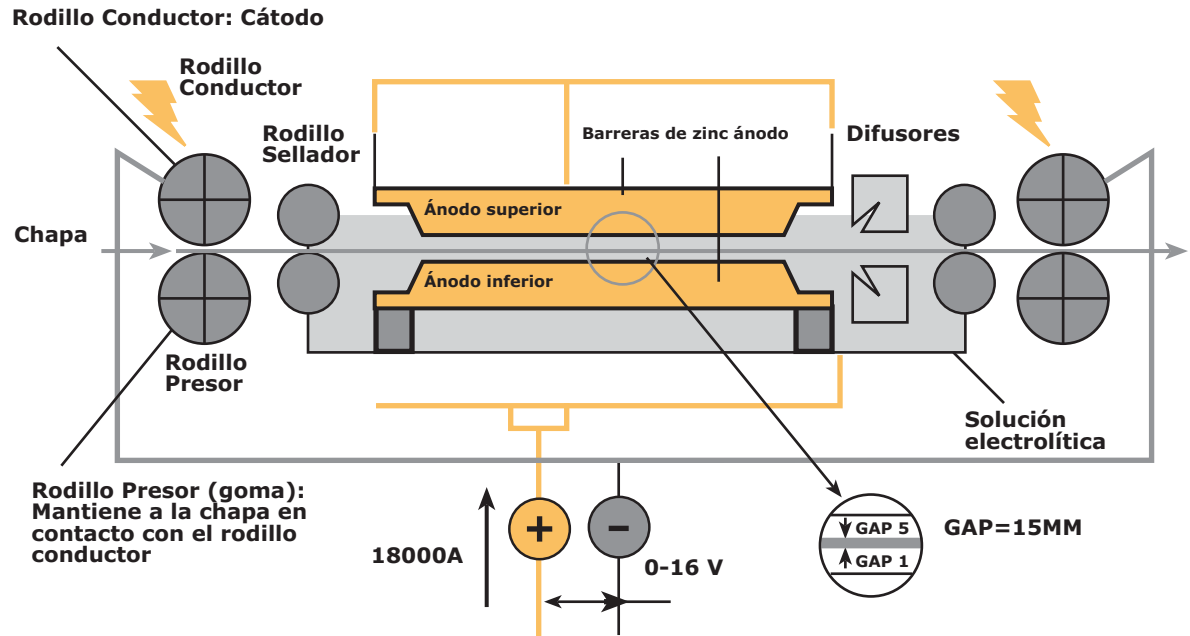
### Celdas + rectificadores + circuito electrolítico



A través de rodillos conductores, la chapa se polariza negativamente (cátodo) mientras que el polo positivo está conectado a los Ánodos de Zinc. Durante el proceso de electrólisis con el pasaje de corriente, el zinc de los ánodos se solubiliza en la solución y simultáneamente de la solución se deposita sobre la chapa. El diseño de las celdas permite cambiar los ánodos gastados sin detener el proceso. La deposición en cada celda se controla en forma automática en función del espesor de Zinc a depositar. Cuando se procesa material revestido en una sola cara, se levanta la grilla de ánodos superior, con lo cual queda operando solamente la inferior.

A la salida de la última celda de electrocincado, el revestimiento pasa por una serie de lavados en cascada con agua desmineralizada para eliminar los restos de electrolito y a continuación se le realizan los tratamientos superficiales requeridos por el Cliente.

### Descripción de una celda de Electroincado (Corte Transversal)



Reacciones Químicas en las Celdas de Electroincado:

Ánodo (Electrodos de Zinc)  $\longrightarrow$  Zinc ( $Zn^0$ )  
 Por acción de la corriente eléctrica se disuelve y forma  
 Metal de Zinc en Solución electrolítica ( $Zn^{++} + 2e^-$ )

Cátodo (Chapa)  $\longrightarrow$   $Zn^0$  (Zinc)  
 Se deposita el Zinc en la Chapa

Ley de Faraday:

Un F (faraday) ( $96490 A^{(1)} \cdot \text{seg}$ ) deposita 32,69 gramos de Zinc

#### Post Tratamiento y Salida

El Zinc es un revestimiento muy reactivo, particularmente con el oxígeno y el agua. Para proteger la película de Zinc depositada y aumentar la resistencia a la corrosión, es conveniente formar otras películas protectoras. A continuación se presenta una tabla con los distintos tipos de protecciones, sus variantes y sus usos posteriores:

Tipo <sup>(1)</sup>	Función	Valores de Referencia de Capas (Indicativo)	Aptitud Procesos Posteriores	Características Particulares
Sin pasivar Aceitado	Mejoras de embutibilidad y protección frente a corrosión.	0.5 a 1.5 g/m <sup>2</sup> por cara	Desengrase + fosfatizado	Aceite tipo Prelube
Pasivado	Protección frente a la corrosión.	1-4 mg/m <sup>2</sup> Cr total por cara	Post-pintado	Retarda la aparición de óxido blanco por corrosión
Fosfatizado + Pasivado <sup>(2)</sup>	Adhesión en los tratamientos de post-pintado y protección frente a la corrosión.	Fosfatizado: 2-4 g/m <sup>2</sup> por cara Pasivado: 2-5 mg/m <sup>2</sup> por cara	Post-pintado	El pasivado retarda la aparición de óxido blanco por corrosión.
Fosfatizado + Aceitado	Adhesión en los tratamientos de post-pintado y mejora de embutibilidad.	Fosfatizado: 2-4 g/m <sup>2</sup> por cara Pasivado: 0.5-1.5 g/m <sup>2</sup> por cara	Desengrase + post-pintado	
DFL (Dry Film Lubricant) <sup>(3)</sup>	Lubricante Mejora la aptitud al estampado en piezas críticas.	0.4-1.5 g/m <sup>2</sup> por cara	Lavado con solución alcalina + post-pintado	Se aplica sobre EG sin pasivar ni fosfatizar. Puede ser aceitado o no. Es removible con soluciones alcalinas. Es transparente.
AFP (Anti Finger Print) <sup>(3)</sup>	Previene la generación de marcas dactilares Incrementa la resistencia a la corrosión.	10-30 mg Cr total por cara ≤ 1 um por cara	Uso final o Pre-tratamiento dry-in-place para prepintado o post-pintado.	Se aplica sobre EG sin pasivar ni fosfatizar. Se suministra seco. Muy bajo Cr leaching. Es transparente
PO (Pasivado Orgánico) <sup>(3)</sup>	Protección frente a la corrosión y mejora de embutibilidad. Removible por lavado alcalino.	30-50 mg Cr total por cara 0.5-1.5 um por cara	Uso final o Pre-tratamiento dry-in-place para prepintado o post-pintado.	Se aplica sobre EG sin pasivar ni fosfatizar. Se suministra seco. Muy bajo Cr leaching. Es transparente, tiene una tonalidad parda.

Después del tratamiento protector, la chapa pasa por un secador con aire caliente a 100/120°C para eliminar completamente la humedad superficial, luego pasa por un equipo medidor de espesor por fluorescencia de rayos X, que controla en forma permanente el espesor de zinc depositado tanto en el ancho como en el largo del material para asegurar la calidad del revestimiento. Durante todo el proceso, la chapa está tensionada por bridas cuya finalidad es mantener un perfecto paralelismo con los ánodos superiores e inferiores.

Un acumulador de salida, almacena hasta 45 mts de chapa para no interrumpir el proceso cuando se detiene la marcha del bobinador para efectuar las operaciones del producto terminado. El material pasa por la mesa de inspección donde se evalúa la calidad superficial y por la cizalla que separa las bobinas terminadas. Finalmente, un equipo aceita los materiales que así lo especifiquen, ingresando el material terminado al bobinador.

### 1.3.4 Productos

#### Destinos

Las bobinas electrocincadas son destinadas a Venta Directa, Líneas de Corte y Línea de Pintado de Ternium Argentina.

#### Dimensiones Estándar de Fabricación

Las dimensiones estándar de fabricación de las bobinas electrocincadas pueden observarse en la siguiente tabla.

Espesor (mm)		Ancho (mm)	
min.	max.	min.	max.
0.30	0.34	600	1150
0.35	0.49	600	1220
0.50	0.59	600	1250
0.60	2.00	600	1600

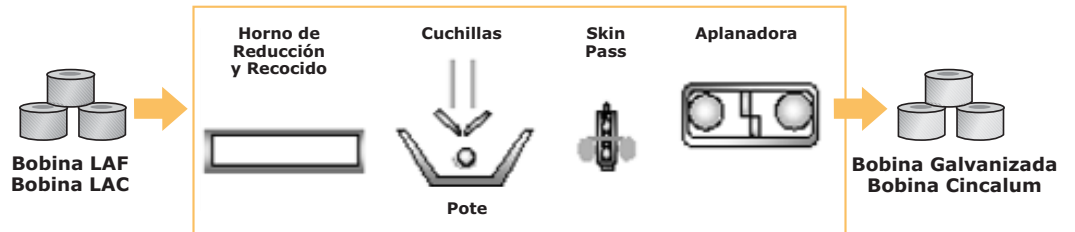
#### Aplicaciones

Estos productos son ampliamente utilizados por la Industria Automotriz y la Industria de Artículos del Hogar y Carpintería Metálica.

## 1.4 Galvanizado Continuo por Inmersión en Caliente

### 1.4.1 Introducción

El Proceso de Galvanizado Continuo por Inmersión en Caliente tiene como objetivo el recubrimiento con zinc (Galvanizado) o zinc-aluminio (Cincalum) sobre ambas caras de la chapa de acero, por inmersión en un baño metálico a alta temperatura, previa limpieza y tratamiento térmico.



Este proceso se realiza en las Plantas de Canning y Haedo.

El siguiente cuadro detalla los productos y materia prima utilizados:

Planta	Producto	Materia Prima
Canning	Bobina de Cincalum	Bobina LAF; "Full Hard" (Espesores: 0.3 - 1.24 mm)
	Bobinas Galvanizadas	Bobinas LAF; "Full Hard" y LAC Decapadas (Espesores: 0.27 a 3.2 mm)
Haedo	Bobinas Galvanizadas	Bobinas LAF; "Full Hard" y LAC Decapadas (Espesor: 0.27 a 3.2 mm)

Los pesos máximos de bobina que pueden procesarse tanto en Canning como en Haedo son hasta 25 toneladas. La línea de Galvanizado consta principalmente de Hornos (Horno de Calentamiento por llama directa y Horno de Recocido), potes, equipamientos de enfriamiento y equipos de corrección de forma y adecuación de superficie (Skin Pass y Tensoniveladora en Canning y Planchadora en Haedo). Aplicación de pasivante, cabina de control de calidad, aceitadora, bobinadoras y balanza.

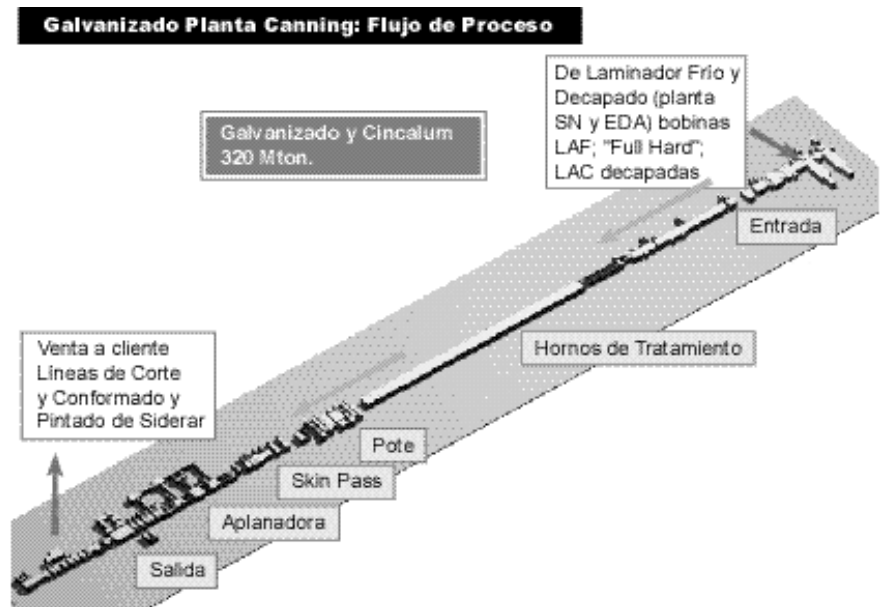
La chapa utilizada como materia prima para estos procesos es la denominada "de dureza total" es decir, salida de los laminadores en frío de San Nicolás y de Ensenada, dura, frágil, quebradiza. Por todo esto previo a su revestimiento y para mejorar sus propiedades mecánicas se somete a la chapa a procesos de lavado y secado, precalentamiento, calentamiento en horno de llama directa,

elevación de temperatura a valores de recocido en horno inerte-reductor y luego enfriamiento, siempre en atmósfera inerte a temperaturas del metal líquido de revestimiento en los crisoles de galvanizado y de cincalum. Se somete al material a lo que se denomina un “recocido continuo” que mejora sus propiedades mecánicas para poder realizar ulteriores conformados.

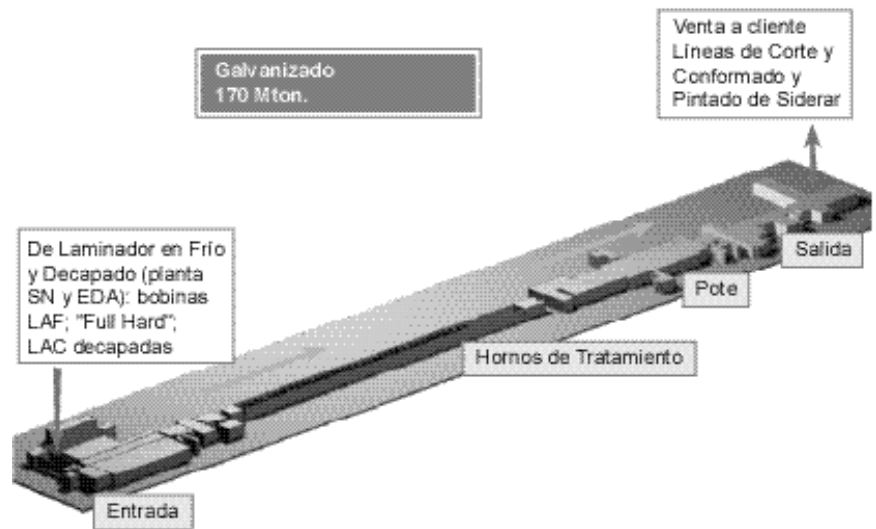
La velocidad máxima es de 170 m/min en Canning y de 86 m/min en Haedo. La capacidad de producción de Canning es 350 mil Ton/año y la de Haedo de 180 mil Ton/año.

#### 1.4.2 Ubicación y Flujo del Proceso

Este proceso se realiza en las Plantas de Canning y Haedo. Los planos que siguen muestran los lay out de ambas líneas y el flujo del proceso.

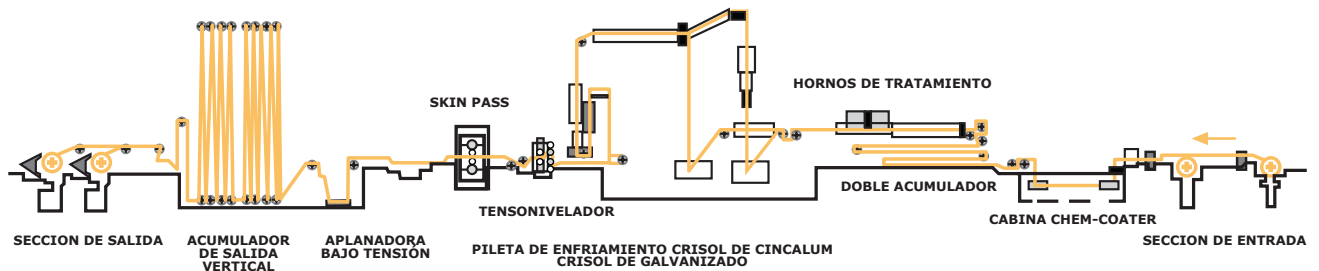


**Galvanizado Planta Haedo: Flujo de Proceso**



**1.4.3 Descripción del Proceso**

A continuación se observa un diagrama del proceso de Galvanizado Continuo por Inmersión en Caliente y luego se detallan sus etapas.



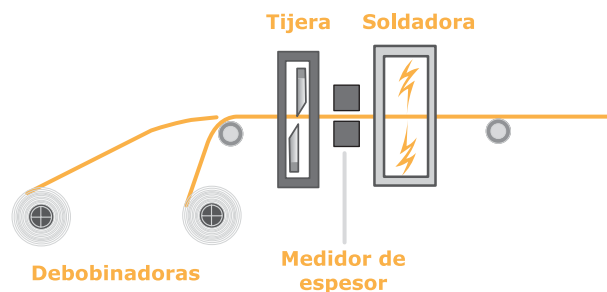
El proceso comienza en el sector de Entrada, donde llega la bobina a procesar. Una vez allí se retiran los zunchos y se la enhebra en el debobinador. Mientras tanto se sigue procesando el material que se encuentra en el otro debobinador.

Una vez que se ha terminado el proceso de la Bobina Previa, se coloca la Bobina Entrante solapada a la cola de la saliente.

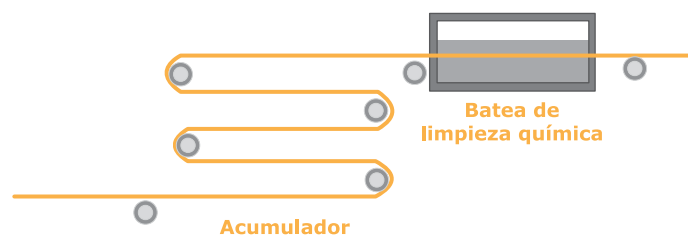


La soldadura en Canning es por costura y se realiza solapando las dos chapas cortadas a escuadra (5 mm). Con tres pares de ruedas se efectúan las siguientes operaciones:

1. Se pre-aplasta la chapa utilizando 2 ruedas (superior e inferior) de preaplastado.
2. Se solda por Costura (Resistencia al pasaje de una corriente eléctrica) mediante dos ruedas o moletas de cobre.
3. Se da un terminado final, con 2 ruedas de post aplastado, quedando un sobre espesor de 20% del nominal.



En cambio en Haedo se realiza una soldadura eléctrica por puntos mediante 2 cabezales (superior e inferior) con 8 electrodos de cobre dispuestos en zig-zag. Mientras se realiza la soldadura, la entrada "no entrega chapa" al carro acumulador de entrada, pero éste, como tiene acumulada chapa, la sigue entregando al horno manteniendo el proceso en operación.



Enseguida se realiza el proceso de limpieza de la chapa. El objetivo de este proceso es desengrasar y eliminar los finos de hierro y emulsiones de laminación remanentes del proceso de laminado en frío. Consta de un predesengrase, desengrase y un secado. En esta etapa de limpieza se combina el efecto químico de una solución alcalina caliente (NaOH) y el efecto mecánico de cepillos de nylon. Aquellos restos de aceite que no se lograron eliminar en esta etapa, serán quemados y evaporados luego en el horno.

Después de la etapa de desengrase, la chapa ingresa al proceso de Calentamiento:

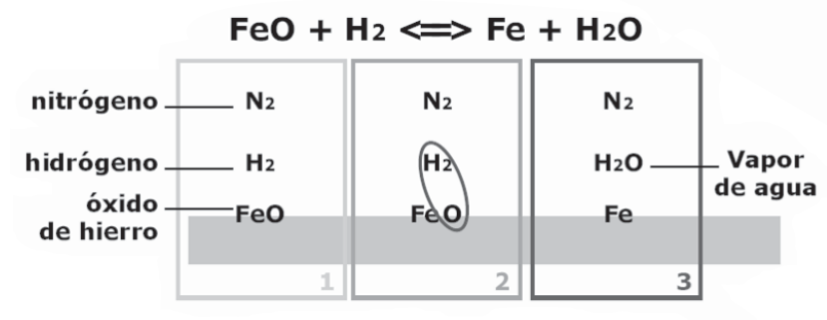
- Horno de Calentamiento, en el cual el calentamiento es por llama directa
- Horno de Recocido, donde el calentamiento es a través de tubos radiantes en cuyo interior se produce la combustión

A continuación se describen las funciones del Horno de Calentamiento.

**Calentamiento:** En el túnel del horno (o precalentador) se aprovechan los gases calientes de la zona de llama directa para llevar a la chapa hasta unos 200°C. En la zona de llama directa se termina de calentar la chapa hasta aproximadamente entre 620°C y 660°C con el objetivo de eliminar los restos de los aceites de laminación y preparar la chapa para los procesos en el horno de tubos radiantes.

**Limpieza:** La acción de la llama directamente sobre la chapa evapora y quema los aceites de laminación. En este horno, a pesar de haber muy poco oxígeno libre debido a trabajarse intencionalmente con exceso de gas en la combustión, se produce una leve oxidación de la chapa por la alta temperatura de llama, que debe ser eliminada en el paso siguiente.

El Horno de Recocido tiene la función de reducir el óxido formado en el precalentador y recristalizar la estructura deformada por la laminación en frío. La reducción química (eliminación) de la leve capa de óxido formada en el precalentador se efectúa mediante la inyección de Hidrógeno, según la siguiente reacción:

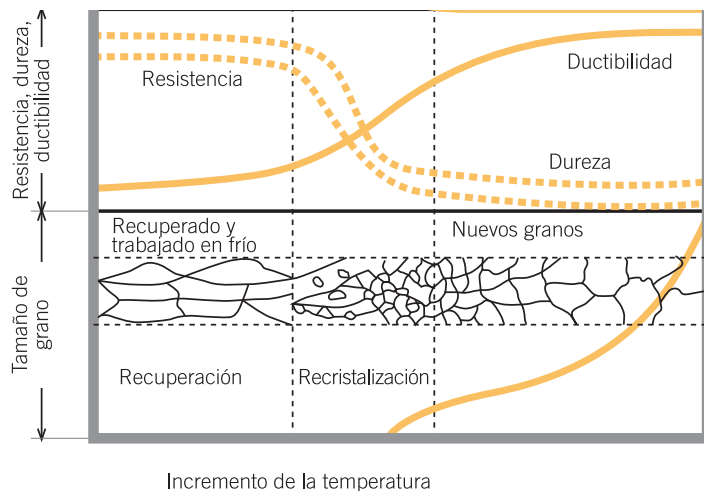


La atmósfera del horno está compuesta por: Hidrógeno H<sub>2</sub> (gas activo reductor) y nitrógeno N<sub>2</sub> (gas inerte protector y regulador de la presión del horno). La circulación de los gases se produce en el sentido contrario al de circulación de la chapa en el horno, siendo mayores los caudales en el caso del cincalum debido a que para lograr una buena calidad del recubrimiento los requerimientos de limpieza de la superficie son mayores que para el galvanizado.

Los caudales y porcentajes de c/u de los gases es la siguiente:

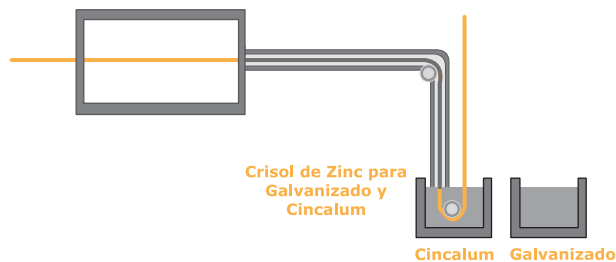
Proceso	Nitrógeno		Hidrógeno		Total (m3/h)
	%	Caudal (m3/h)	%	Caudal (m3/h)	
Galvanizado (Haedo)	81	125	19	30	155
Galvanizado (Canning)	65	166	35	89	255
Cinalum (Canning)	74	251	26	89	340

El Horno de Recocido tiene también la función de Recristalización de la chapa "full hard", mediante el calentamiento y mantenimiento de la chapa a temperaturas del orden de los 700°C. El recocido de recristalización consta de tres etapas (Recuperación, Recristalización y Crecimiento de Grano), en las cuales van cambiando paulatinamente la estructura de granos del metal y las propiedades mecánicas hasta alcanzar las deseadas para cada producto:

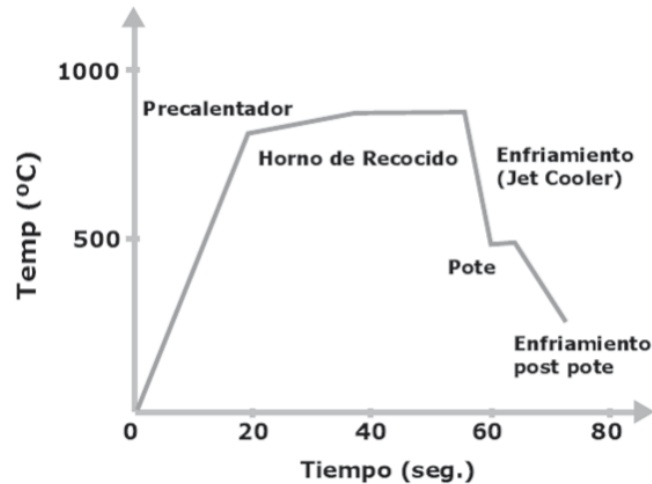


Luego del horno se pasa a una etapa de enfriamiento controlado por aire (Jet Cooler) y en atmósfera reductora (N2 e H2), se baja la temperatura de chapa de acuerdo al material procesado:

- Galvanizado 470°C - 490°C
- Cinalum 560°C - 600°C



El siguiente gráfico muestra un ciclo térmico típico que experimenta la chapa para un material galvanizado (para el cincalum cambia sólo la temperatura de pote) donde se observa que la etapa de recocido continuo ocurre en el orden de segundos, esto marca una gran diferencia con el recocido batch que se efectúa en EDA o SN en el cual se recoce la bobina entera y su duración es del orden de horas o días.



**Revestido:** Luego de enfriar la chapa, para que la temperatura del pote y de la chapa sean similares, el material ingresa al pote. Allí deflexiona en un rodillo, en la parte inferior del pote, y "se recubre". Los principales factores que influyen en la cobertura del revestimiento son:

Variables del Proceso	→	Características del Recubrimiento	→	Propiedades
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Composición del baño</li> <li>■ Velocidad de enfriamiento</li> <li>■ Tiempo de inmersión</li> <li>■ Temperatura del baño</li> <li>■ Rugosidad de la chapa</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Microestructura</li> <li>■ Tamaño de flor<sup>4</sup></li> <li>■ Espesor</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Resistencia a la corrosión</li> <li>■ Aherencia</li> <li>■ Conformabilidad</li> <li>■ Pintabilidad</li> </ul>

Respecto a la composición química del baño, en el caso del galvanizado éste está compuesto por Zinc con el agregado de aluminio y antimonio como microaleantes. La función del Al es mejorar la adhesión del recubrimiento a la chapa frenando el crecimiento del intermetálico frágil Fe-Zn. El antimonio se agrega para controlar el tamaño de flor<sup>4</sup> y mejorar la fluidez del baño, lo que favorece el proceso posterior de escurrido con cuchillas de aire.

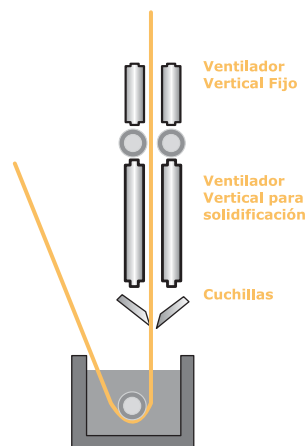
<sup>4</sup> Tamaño de la Flor: es el tamaño de grano de la estructura de solidificación del Zinc.

El baño del cincalum está compuesto por 55% Al, 43.5 % Zn y 1.5% (Si) Silicio. A fin de limitar el recubrimiento de acuerdo a la especificación del material a producir, la chapa pasa verticalmente, luego de revestida, por dos "cuchillas de aire" opuestas y equidistantes de la misma, que por soplado a presión definen el espesor de recubrimiento. El recubrimiento líquido en exceso se elimina por escurrimiento del mismo.

Los principales parámetros de control de las cuchillas de aire y su influencia sobre el espesor del recubrimiento o carga, son los siguientes:

Variable	Influencia sobre el Espesor o Carga del Recubrimiento
Separación labios de cuchilla	A mayor separación aumenta la carga
Velocidad de proceso	A mayor velocidad mayor carga
Presión de aire de cuchillas	A mayor presión menor carga
Altura de cuchillas respecto al baño	A mayor altura mayor carga
Separación chapa-cuchillas	A mayor separación mayor carga
Rugosidad de chapa base	A mayor rugosidad mayor carga
Ángulo de cuchillas respecto a chapa	A ángulo "0" menor carga - a ángulos hacia abajo mayor salpicado

Por último, el material es conducido a la zona de enfriado donde, en su primer etapa, el revestimiento termina de solidificar. Esta consta de dos partes: un enfriamiento por convección forzada de aire a temperatura ambiente y luego un enfriamiento (water quench) con agua por spray e inmersión para llevar la chapa a temperaturas inferiores a los 50°C.



Posteriormente la chapa ingresa en los equipos para darle la terminación final.

**Skin Pass:** El equipo consta de una jaula laminadora de 4 en alto con brida de entrada y brida de salida. El proceso consiste en un laminado superficial con reducciones del orden del 2%. El proceso está lubricado con una solución de detergente al 5% con el fin de evitar el pegado de partículas de Zn sobre los rodillos de laminación.

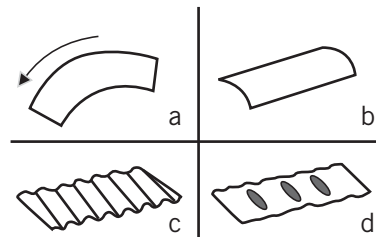
Los principales objetivos son los siguientes:

- Lograr un acabado superficial (rugosidad) apto para el pintado
- Eliminar la fluencia discontinua del acero (generada durante el recocido) responsable de defectos como el coil break, acostillado, bandas de Lüders, etc.
- Efectuar una primera corrección de forma antes del proceso de tensonivelado

**Tensoniveladora o Aplanadora:** El equipo consta de una brida de entrada de 2 rodillos, una de salida de 4 rodillos y unidades de aplanado, anti cross bow y anti coil set. El principal objetivo es aplanar la chapa, lo cual se logra sometién-dola a grandes tiros para elongarla entre 0.4% y 0.8% con el fin de igualar el largo de las fibras longitudinales de la chapa, controlando a su vez el efecto cross-bow o teja, y el coil set o "memoria de bobina".

Defectos que corrige la tensoniveladora

- a. Coil- Set (memoria de bobina)
- b. Cross bow (teja)
- c. Ondulado de borde
- d. Ondulado de Centro



Luego la chapa se protege superficialmente contra la aparición de óxido blanco en la etapa de pasivado crómico, en la cual la misma es sometida a la acción de una solución de cromatos y fosfatos escurrida con rodillos. También se le pueden aplicar resinas acrílicas antifinger print en el chem coater. A pedido del cliente, se le puede aplicar una capa de aceite.

Por último, se bobina, se zuncha e identifica el material.

#### 1.4.4 Productos

##### Destinos

Los productos galvanizados por inmersión en caliente son destinados a Venta Directa, líneas de Customizados y a la línea de Pintado.

##### Dimensiones Std

Los espesores de estos productos varían entre 0.27 y 3.20 mm, mientras que el ancho de las bobinas está en el rango de 720 y 1250 mm.

El espesor del recubrimiento del Galvanizado varía entre 0.015 y 0.090 mm, mientras que para el Cincalum el rango es de 0.025 a 0.055 mm.

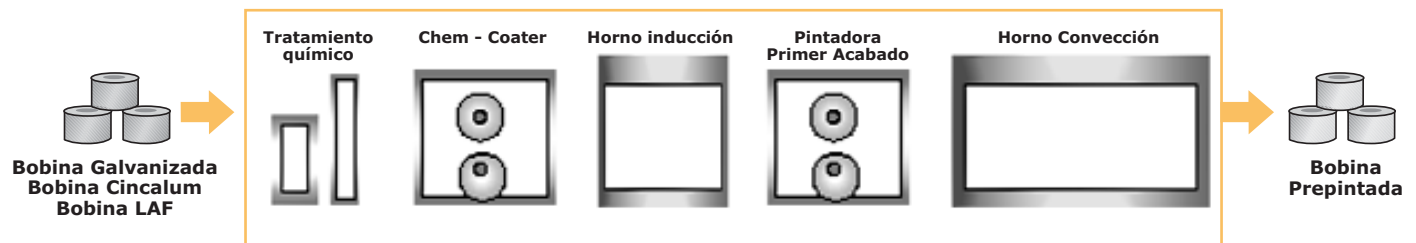
##### Aplicaciones

- **Galvanizado Estructural:** Apto para uso estructural, conformados para techos, cerramientos, perfiles y demás aplicaciones donde se requiera resistencia a la corrosión.
- **Galvanizado Apto Conformado en Frío:** Apto para conformado en frío o embutido, conformados de uso industrial no estructurales, industria automotriz. La calidad Lock Forming es apta para la fabricación de perfiles no estructurales en conformadoras continuas, pestañados y engrafados.
- **Cincalum:** Conformados para techos, cerramientos, perfiles y demás aplicaciones donde se requiera elevada resistencia a la corrosión.

## 1.5 Pintado Continuo de Bobinas

### 1.5.1 Introducción

El objetivo del Pintado es recubrir la chapa de acero con películas de esmaltes orgánicos, Primers (base anticorrosiva) y Esmaltes para conferirle un aspecto estético diferente y una mayor resistencia a la corrosión. Las materias primas son bobinas LAF, galvanizadas, cincalum, electrocincadas y hojalata con espesores entre 0,26 y 1,25 mm, ancho entre 650 y 1250 mm, y peso máximo 10 tons.



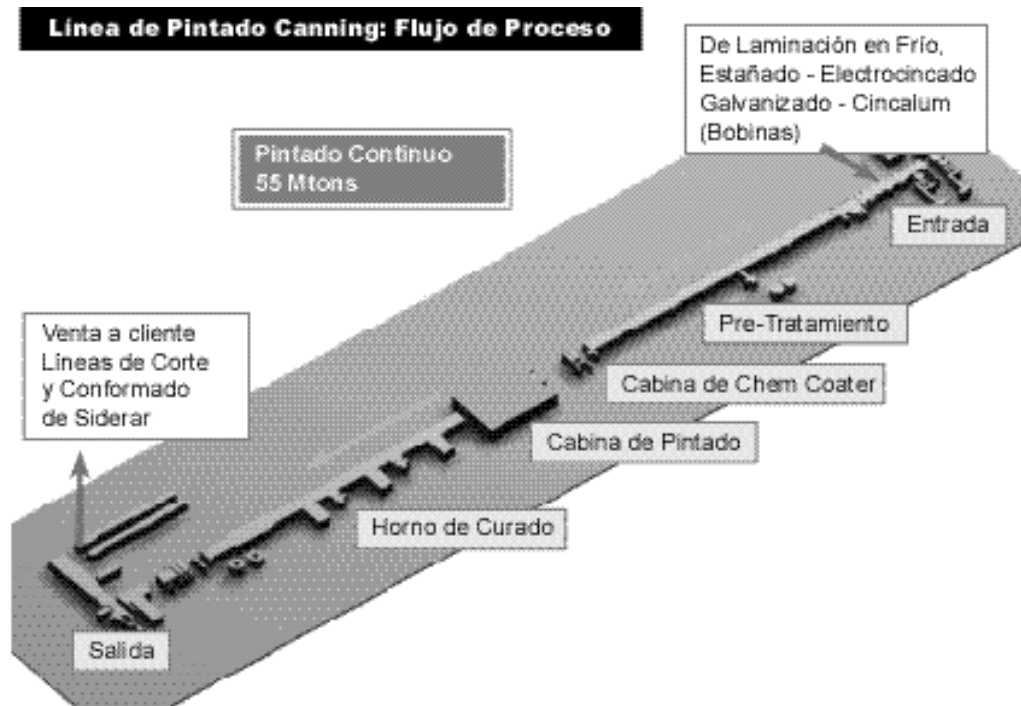
Los productos son bobinas prepintadas en el mismo rango de dimensiones, con espesores de película de pintura entre 5 y 25 micrones. El equipamiento de la línea consta de dos túneles de desengrase por spray con solución alcalina y uno de lavado para limpieza, dos bateas para realizar tratamientos químicos de conversión de superficie, un conjunto de rodillos aplicadores de pasivado a consumo total, un horno de calentamiento por inducción para el secado del pasivado, un conjunto de rodillos aplicadores de esmalte/primer, un horno o Túnel de Calentamiento por Convección, con temperaturas hasta 500°C, un enfriador de agua con spray y un aplicador de film polietileno autoadhesivo.

La capacidad anual de la línea de pintado es de 55 mil Toneladas.



### 1.5.2 Ubicación y Flujo del Proceso

Este proceso se realiza en la Planta de Canning. El plano muestra el lay out de la línea y el flujo del proceso.



### 1.5.3 Descripción del Proceso

Las etapas del proceso de Pintado son:

- Entrada
- Tratamiento Químico
- Pintado
- Horneado
- Salida

A continuación se observa un diagrama de todo el proceso y luego se detallan sus partes:



### Proceso

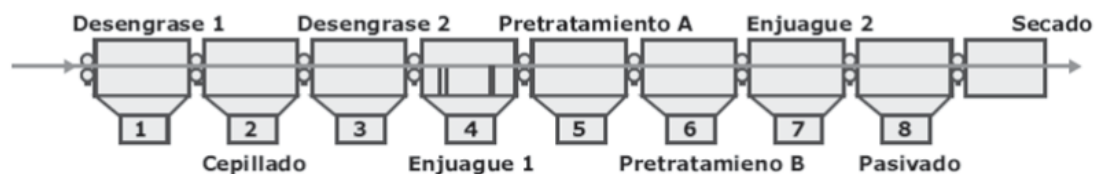
Este revestimiento requiere generalmente de dos pasadas de la bobina por la línea. La primera para aplicar antióxido base en ambas caras y una segunda para aplicar el esmalte poliuretano en una cara (chapas canaletas para techados) o en las dos caras (otros usos).

### Entrada

La chapa, luego de ser debobinada pasa por la máquina de engrafado (unión mecánica), cuyo fin es unir la cabeza y cola de las bobinas para mantener la continuidad del proceso. Continúa luego por un sistema de acumulación, que permite mantener el proceso sin variaciones de velocidad, durante la operación de engrafado, ya que para disminuir los tiempos de emboque la línea consta de dos debobinadores.

### Tratamiento Químico

A continuación se realiza un tratamiento químico, en donde el material pasa por dos túneles de desengrase por spray con una solución alcalina y luego por uno de lavado. Luego se realiza la conversión química de la superficie para mejorar el anclaje o adherencia de la pintura. En la misma, la chapa se sumerge en un baño, cuya composición varía según el tipo de material a tratar (Acero sin recubrir, Galvanizado, Cincalum, etc.).



Esquema del Tratamiento Químico

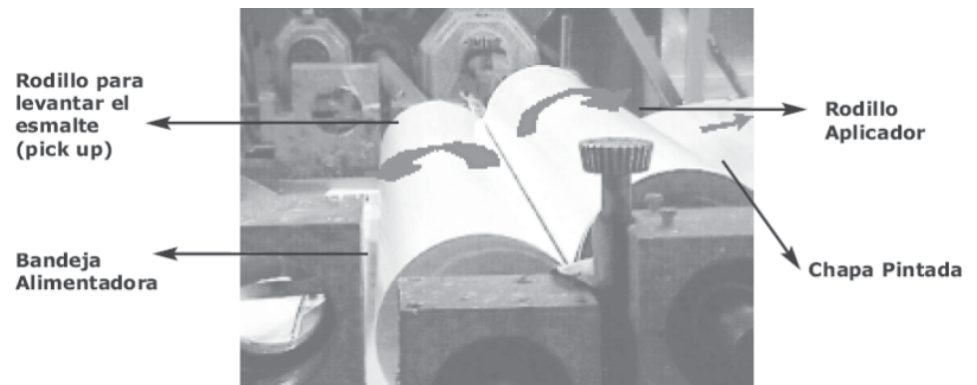
Posteriormente se efectúa un lavado con agua deionizada por spray y se seca por aire caliente. La chapa pasa luego por un centrador que tiene como finalidad mantener al material alineado.

### Pasivado a Consumo Total

Este tipo de tratamiento reemplaza a los tratamientos químicos tradicionales, evitando la generación de efluentes los cuales deben ser tratados.

Esta etapa consiste en:

1. La aplicación, mediante una máquina aplicadora conocida como Chem-Coater, de una película uniforme de pasivantes superficiales a consumo total (esto significa sin generación de subproductos y sin necesidad de lavado posterior).
2. El secado de la película orgánica/inorgánica en un horno de inducción que eleva la temperatura de la chapa a 120°C en 2.5 segundos. El proceso consta de un rodillo para levantar el producto pasivante de la bandeja alimentadora (pick up), el cual transfiere la película a un rodillo aplicador que gira en sentido contrario al avance de la chapa. El espesor de la película depende de la "luz" entre ambos rodillos y de su velocidad de giro: a más "luz" y velocidad, mayor será el espesor de la película. El pintado en ambas caras se realiza mediante el mismo proceso.

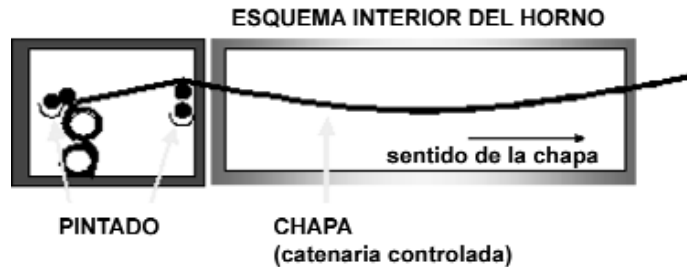


### Pintado

La etapa de Pintado consiste en la aplicación de una película líquida homogénea de Primer/Esmalte, con un sistema de rodillos. El proceso de aplicación se realiza de la misma forma que en la etapa anterior (Chem - Coater) pero aplicando Primer/Esmalte en lugar de el producto pasivante.

### Horneado

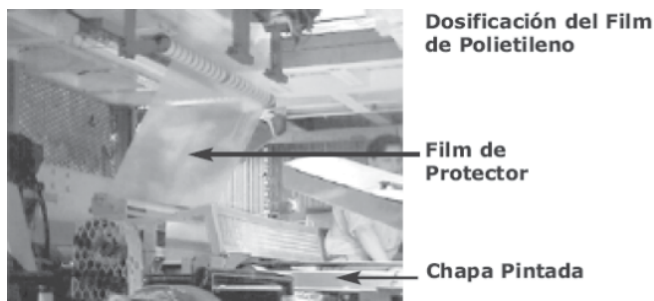
El calentamiento del horno de convección se realiza con quemadores de gas, en su interior la chapa forma una catenaria (curva que describe la chapa) controlada por dos bridas de tiro.



El túnel del horno está dividido en tres etapas en donde la temperatura objetivo de cada una de ellas es mantenida en forma estable por un controlador. El objetivo del horneado es evaporar los solventes que vehiculizan el esmalte y luego llegar a la temperatura de curado (PMT) donde se produce la reacción de polimerización (entrecruzamiento de las moléculas que constituyen el esmalte). Una vez polimerizado el esmalte, es necesario que la chapa se enfríe lo suficiente como para que la capa de esmalte no se vea afectada por las operaciones posteriores. Este enfriamiento se hace con agua fría por aspersión. Posteriormente se seca la chapa por un sistema de aire.

### Salida

En la etapa de Salida, previo a la aplicación del film protector y la separación de las bobinas (que fueron unidas en la entrada), la chapa se acumula a fin de mantener la continuidad del proceso, durante la inspección, cizallado y evacuación de la bobina pintada.



A continuación, el material atraviesa una zona de inspección para detectar defectos superficiales, los cuales son cargados en un mapa de defectos on-line.

Luego, se le aplica a la chapa con un sistema de dosificación continua, un film autoadhesivo de polietileno, el cual protege a la chapa durante su manipuleo o posteriores conformados. Por último, se corta la bobina y se identifica el material.

Es importante aclarar que, por poseer un solo horno, la línea solo puede en cada pasada, aplicar una capa de revestimiento orgánico en cada cara. Para los productos que requieren más de una capa, la chapa debe pasar por la línea tantas veces como capas necesite, aplicándose solamente el tratamiento químico en la primera pasada.

#### 1.5.4 Productos

##### Destinos

Las bobinas prepintadas son destinadas a Venta Directa, y Líneas de Customizados.

##### Dimensiones Estándar de Fabricación

El espesor de la chapa prepintada está en un rango de 0.26 a 1.25 mm y el ancho varía entre 650 y 1250 mm. El espesor de película de pintura está entre 5 y 25 micrones.

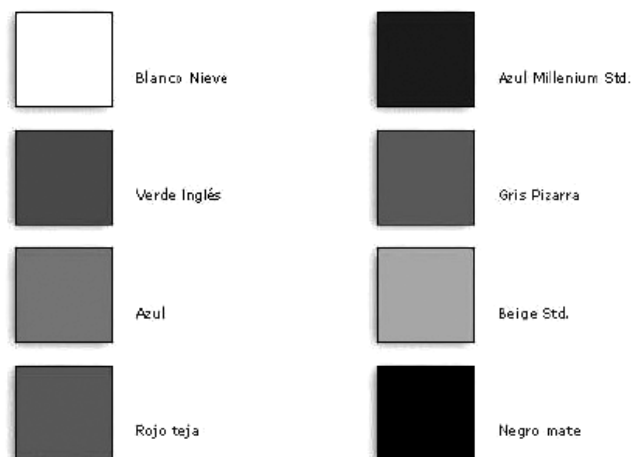
##### Aplicaciones

**Prepintado sobre Laminado en Frío:** Este material se utiliza para la fabricación de artículos para el hogar que trabajan con temperatura, como ser estufas, termotanques, cocinas, etc.

**Prepintado sobre Galvanizado:** Este material es de amplio uso en la Industria de la Construcción para techos, tejados, panelería, etc.

**Prepintados sobre Electrocincado/Galvanizado Temperado:** Este material es de amplio uso en la Industria de artículos del hogar para la fabricación de heladeras, lavarropas, secarropas, etc.

Los tipos de esmaltes utilizados son: poliéster normales, poliéster siliconizados, poliéster de alta durabilidad, poliuretánicos, fluorocarbonados. Algunos de los colores con los que Argentina pinta la chapa se presentan a continuación:



NOTA: Otros colores bajo consulta.



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

7. Customizados

## Capítulo 7. Customizados

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

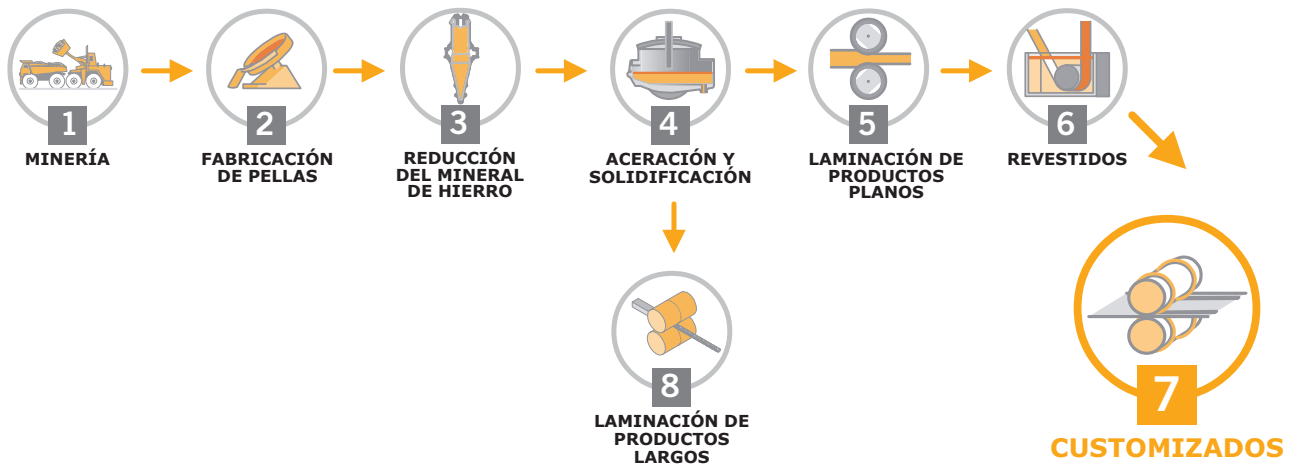
- Identificar las diferentes etapas del proceso de Customizados en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
<b>2</b>	<b>I. Generalidades</b>
<b>2</b>	<b>I.i El Proceso Customizados en la Fabricación del Acero</b>
<b>2</b>	<b>I.ii Definición de Customizados</b>
<b>5</b>	<b>I.iii Ubicación y Capacidad</b>
<b>6</b>	<b>I.iv Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium</b>
<b>7</b>	<b>1 Ternium Argentina</b>
<b>7</b>	<b>1.1 Servicios de Corte</b>
<b>7</b>	1.1.1 Materia Prima
<b>7</b>	1.1.2 Infraestructura
<b>9</b>	1.1.3 Capacidad
<b>10</b>	1.1.4 Descripción del Proceso
<b>11</b>	1.1.5 Productos
<b>12</b>	<b>1.2 Sevicios de Conformado</b>
<b>12</b>	1.2.1 Materia Prima
<b>12</b>	1.2.2 Infraestructura
<b>13</b>	1.2.3 Capacidad
<b>14</b>	1.2.4 Descripción del Proceso
<b>17</b>	1.2.5 Productos
<b>20</b>	<b>1.3 Tubería</b>
<b>20</b>	1.3.1 Materia Prima
<b>20</b>	1.3.2 Infraestructura
<b>22</b>	1.3.3 Capacidad
<b>22</b>	1.3.4 Descripción del Proceso
<b>24</b>	1.3.5 Productos

## I Generalidades

### I.i El Proceso Customizados en la Fabricación del Acero

Customizados, es el séptimo proceso en el Flujo para la Fabricación del Acero.

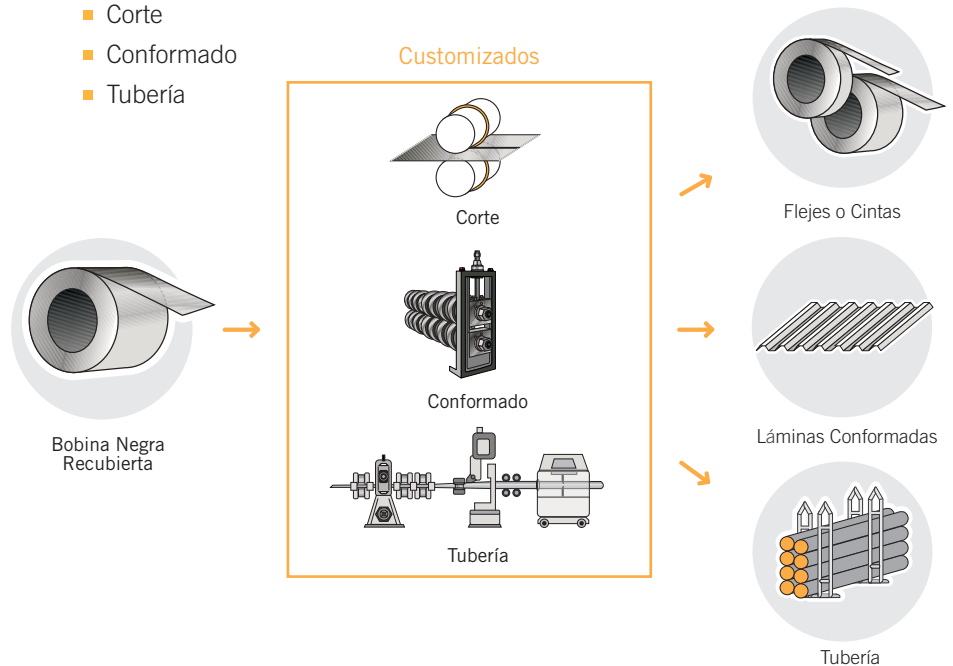


### I.ii Definición de Customizados

Customizados son todos aquellos procesos que tienen que ver con la transformación de los rollos de acero negro o aceros recubiertos (galvanizados o pintados) en productos finales de mayor valor agregado para nuestros clientes, por ejemplo flejes (o cintas), hojas lisas y láminas conformadas en diferentes perfiles.

El área de Customizados comprende las operaciones de:

- Corte
- Conformado
- Tubería





Los productos de este proceso están destinados a la venta directa a Clientes.

### Corte

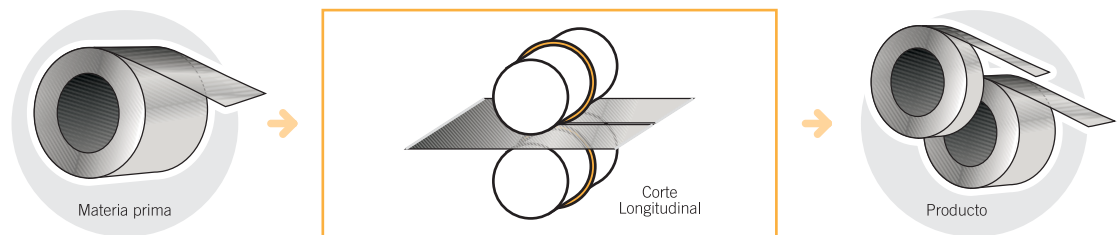
El corte es la división o separación de las partes de un material con el objetivo de adaptar los productos a las exigencias de forma y dimensiones particulares de los clientes.

Los servicios de corte que Ternium provee son:

- Corte Longitudinal
- Corte Transversal

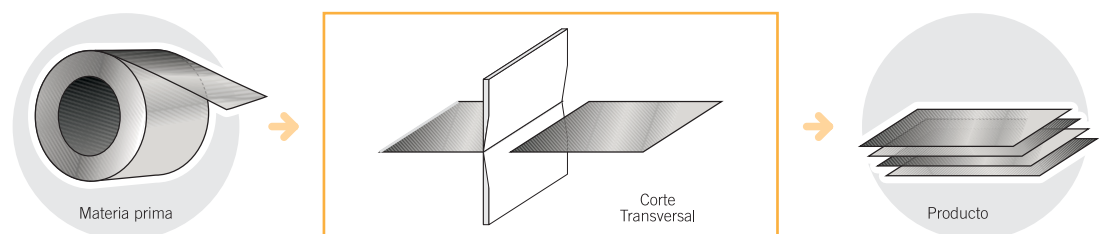
### Corte Longitudinal

El proceso de Corte Longitudinal consiste en dividir una unidad ancha de metal, en varias piezas de anchos menores llamadas flejes (cintas).



### Corte Transversal

Este proceso tiene como objetivo cortar transversalmente el rollo de acero a un largo solicitado.



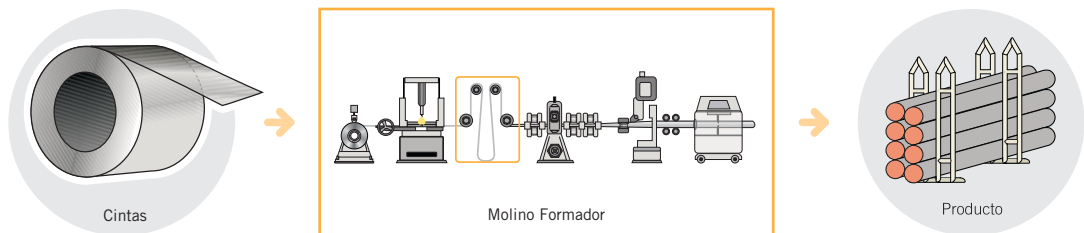
### Conformado

Es un proceso de fabricación mediante el cual el acero laminado es deformado continuamente de una manera lineal al pasar por una serie de rodillos, los cuales producen un determinado perfil. El proceso de Conformado puede ser definido como aquél que forma canales, la figura que se obtiene después de conformar el acero se le denomina perfil, cada perfil tiene características particulares basadas en el uso del producto, predominando las formas rectas y onduladas.



### Tubería

El proceso de Tubería es la transformación de los flejes (cintas) laminados en caliente y en frío o galvanizados en tubos con costura soldada por resistencia eléctrica.



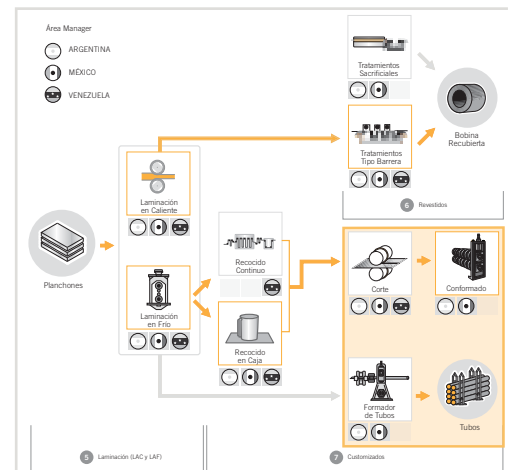
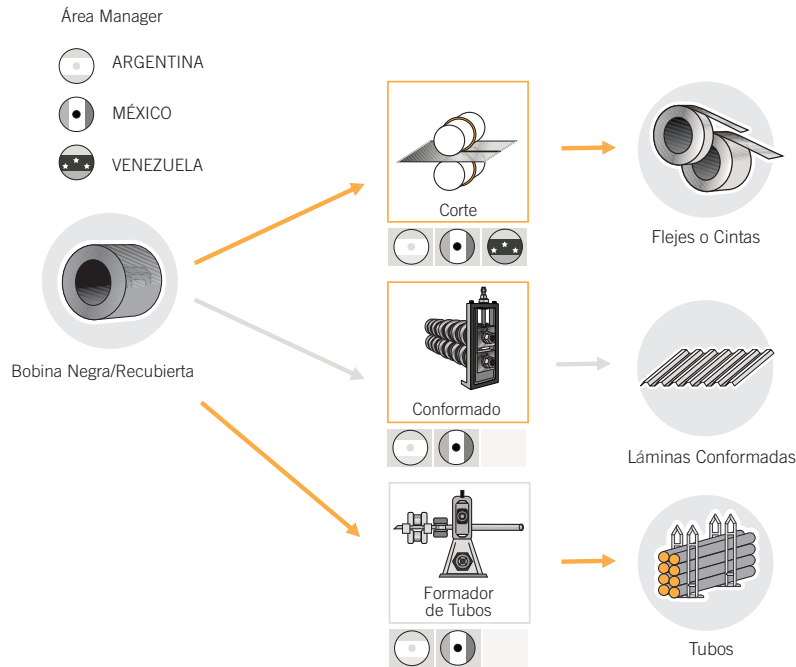
### I.iii Ubicación y Capacidad

Ternium, cuenta con naves e instalaciones donde se realizan los procesos de Customizados, y cuentan con la siguiente capacidad de producción anual:

Área Manager	Ubicación	Capacidad
<b>Argentina</b>	<p>Cuenta con cuatro plantas de Corte y Conformado, los cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Florencio Varela</li> <li>■ San Nicolás</li> <li>■ Canning</li> <li>■ Haedo</li> </ul> <p>También cuenta con dos instalaciones separadas geográficamente para la producción de Tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planta Rosario</li> <li>■ Planta San Luis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los centros de Corte y Conformado producen 500 mil ton/año.</li> <li>■ Las dos plantas de Tubería producen en total 97 mil ton/año.</li> </ul>
<b>México</b>	<p>Cuenta con naves industriales e instalaciones de Customizados ubicadas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siete centros de servicios para el proceso de Customizados.</li> <li>■ Dos plantas para la fabricación de productos tubulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Las instalaciones de Corte y Conformado producen un total de 1080 Mton/año.</li> <li>■ Para productos tubulares, se tiene una capacidad de producción de 575 mil ton/año.</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	<p>Los procesos de Corte se realizan en las áreas de Laminación en Caliente, Frío y Revestidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los procesos de Corte, producen 830 Mton/año.</li> </ul>

### I.iv Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

El diagrama siguiente muestra las operaciones del proceso de Customizados en la Fabricación del Acero, así como las Áreas Manager en donde se realizan:

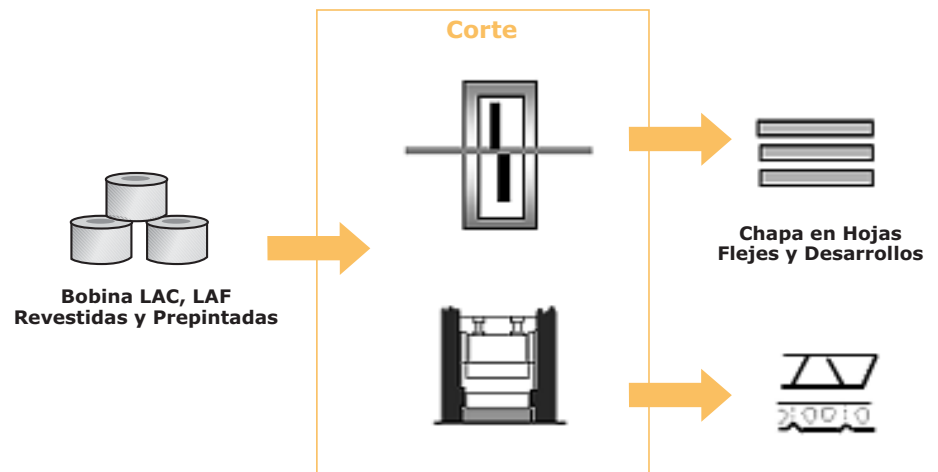


## 1 Ternium Argentina

### 1.1 Sevicios de Corte

El objetivo del área de Customizados es la obtención de los siguientes productos a partir de chapa en bobinas:

- Hojas: Rectangulares y trapecoidales regulares de largo entre 1.8 y 13 metros y entre 836 y 988 mm de poder cubriente (ancho útil).
- Desarrollos u hojas cizalladas: Cortes irregulares y recortes.
- Siluetas: Resultado del corte con matrices en una prensa con formas diversas de acuerdo al uso final, por ejemplo piezas planas para un estampado posterior en la industria automotriz.
- Flejes: Material cortado longitudinalmente con un ancho menor a 600 mm y entregado en forma de rollo.



#### 1.1.1 Materia Prima

La materia prima utilizada son bobinas LAC, LAC decapadas, LAF, Hojalata, Galvanizadas, Cincalum, Electrocincadas y Prepintadas.

#### 1.1.2 Infraestructura

##### Ubicación de las Plantas

Estos servicios de Corte se realizan en las siguientes plantas:

Planta San Nicolás



Florencio Varela



Haedo



### 1.1.3 Capacidad

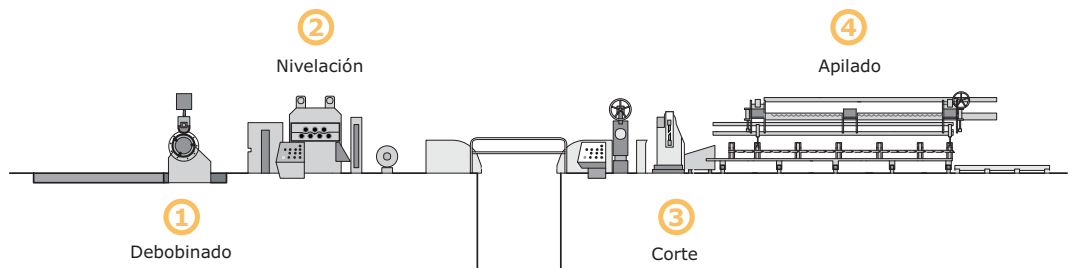
La capacidad instalada a plena carga de los equipos de Corte es de 500 mil toneladas al año y cuenta con los equipos de cada línea se muestran en la tabla siguiente:

Ubicación	Descripción	Equipo	Seguridad
San Nicolás	Seviacero III Corte en Hojas, Flejes y Desarrollos de Bobinas LAC, LAC decapadas.	Equipamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Líneas de corte transversal Liggett y longitudinal Cauffiel.</li> <li>■ 2 Cizallas manuales y una Granalladora para material angosto.</li> </ul>	120 mil ton/año
	Sidercrom Corte en Hojas de Bobinas de Hojalata	Líneas de corte Litell, Delta y Hallden.	130 mil ton/año
Florencio Varela	Serviadero I Corte en Hojas, Flejes y Desarrollos de Bobinas LAC, LAC decapadas, LAF, Electrocincadas y Galvanizadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flejadora Delta (rango de espesor: 0.70 - 6.35 mm).</li> <li>■ Flejadora Casiraghi (0.40 - 3.20 mm).</li> <li>■ Flejadora Icmi (0.20 - 2.50 mm). Ancho máximo: 360 mm.</li> <li>■ Línea de corte PEM (0.40 - 0.75 mm).</li> </ul>	60 mil ton/año
	Centro de Servicios I (Planta Blanking) Corte en Siluetas, Trapecios y Hojas de bobinas Electrocincadas. Trapecios y Hojas de bobinas Prepintadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Línea de siluetas Blanking (0.40 a 1.5 mm)</li> <li>■ Línea de corte Mecesa (0.4 a 1.5 mm) Estas líneas son las únicas en Ternium Argentina diseñadas para un ancho de bobina de 2 metros, esta funcionalidad se utiliza en casos especiales de chapa importada.</li> </ul>	69 mil ton/año
	Centro de Servicios II Corte de Desarrollos, Hojas y Flejes de Bobinas LAC, LAC Decapado, Bobinas LAF, Hojalata (para flejes), Electrocincadas, Galvanizadas, Cincalum y Prepintadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Línea Fagor - Flejadora (0.15 - 2 mm). Ancho máximo: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 600 mm</li> </ul> </li> <li>■ Cizallas Automáticas Amada I y II</li> <li>■ Cizallas manuales Diamint y Daisa.</li> </ul>	96 mil ton/año
Haedo	Corte en Hojas de Bobinas Galvanizadas, Cincalum y Prepintadas.	Línea de corte Stamco	25 mil ton/año

### 1.1.4 Descripción del Proceso

El proceso de Corte consiste en transformar una bobina de determinada calidad en productos cortados de la misma calidad que la bobina de origen. Se puede dividir en las siguientes fases:

1. Debobinado
2. Nivelación
3. Corte
4. Apilado

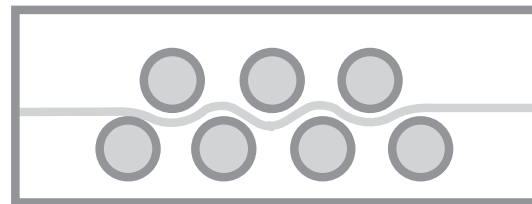


#### 1. Debobinado

Puede contener un seguidor de borde de manera de mantener una línea de referencia y un quebrantador para favorecer el planchado de bobina (pasar de la forma curva a plana). Todas las líneas se cargan con bobinas, excepto las cizallas manuales y automáticas, que se cargan con hojas previamente cortadas.

#### 2. Nivelación

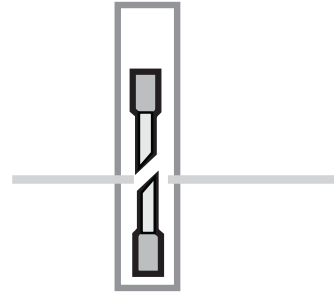
Dispositivos de rodillos superiores e inferiores, con control de interferencia que obliga a la chapa a realizar sucesivos quiebres, superando los límites de fluencia, de manera que corrige los defectos de forma y la memoria de bobina.





### 3. Corte

Se realiza con tijeras de diversos tipos (pivotantes, rotativas o startstop). El concepto más importante es la calidad del corte, que se obtiene por ajuste de la luz entre cuchillas y la calidad de afilado de las mismas; la luz de ajuste está dada en función del espesor a cortar.

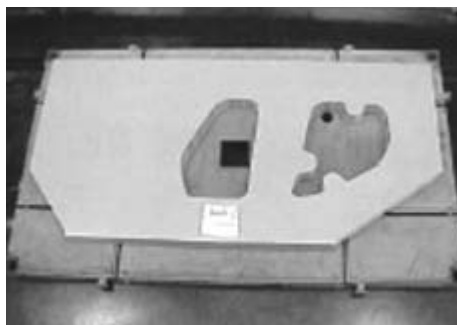


#### 1.1.5 Productos

Los rangos de dimensiones estándar de los diferentes cortes se detallan en la siguiente tabla:

	Espesor	Ancho	Largo
Hojas y Desarrollos	0.18 a 3.2mm	50 a 2000 mm	50 a 6000 mm
Flejes	0.15 a 6 mm	32 a 600 mm	
Siluetas	0.4 a 1.6 mm	400 a 2000 mm	400 a 4000mm

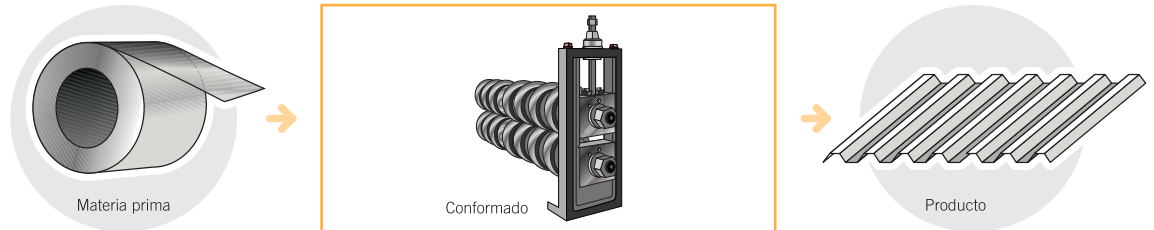
En la siguiente figura se observa una silueta utilizada en la industria automotriz. Las siluetas se producen únicamente en la línea Blanking de Florencio Varela.



Silueta para industria automotriz

## 1.2 Conformado

El objetivo del Proceso de Conformado es la transformación de bobinas Galvanizadas, Cincalum, Prepintadas, y LAC en perfiles acanalados sinusoidales, trapezoidales y perfiles tipos C y U.



### 1.2.1 Materia Prima

Las materias primas son bobinas Galvanizadas, Cincalum, Prepintadas y LAC de ancho entre 200 y 1220 mm y espesores de un rango de 0,30 a 3,2 mm.

### 1.2.1 Infraestructura

#### Ubicación de las Plantas

Los procesos de Conformado se llevan a cabo en las siguientes plantas:

#### Haedo



## Canning



### 1.2.3 Capacidad

Las plantas cuentan con los siguientes equipamientos y capacidades:

Ubicación	Equipo	Capacidad
<b>Planta Haedo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dos equipos para producción de hojas acanaladas sinusoidales (líneas B &amp; K y Olma)</li> <li>■ Una acanaladora para hojas trapezoidales (Diamint)</li> <li>■ Un equipo para perfiles C y U (Formadora 5)</li> </ul>	La capacidad de producción anual es de 150 mil toneladas.
<b>Planta Canning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Una acanaladora para hojas sinusoidales (Formadora 2)</li> <li>■ Una acanaladora para hojas trapezoidales (Formadora 1)</li> </ul>	La capacidad de producción anual es de 80 mil toneladas.

### 1.2.4 Descripción del Proceso

El Proceso para la fabricación de Perfiles Sinusoidales y Trapezoidales, consta de cuatro etapas:

1. Debobinado
2. Conformado
3. Corte
4. Apilado

A continuación describiremos cada una de estas etapas.

#### 1. Debobinado

**Alternativa 1:** Corte previo al conformado.

**Alternativa 2:** Conformado y Corte Posterior. El corte se realiza con cizalla ó cortadora volante en la cual las cuchillas tienen la forma de la chapa conformada.

#### 2. Conformado

El material pasa por la conformadora, donde se realiza un deformado progresivo desde el centro hacia los bordes de la hoja.



#### 3. Corte de la hoja conformada

Se realiza de dos formas diferentes: si el corte es previo al conformado, se corta con cizalla la chapa plana que viene del debobinador.

Si el corte es posterior al conformado se realiza con cizalla volante. Las cuchillas tienen la forma del perfil fabricado e igualan la velocidad de proceso, realizan el corte y vuelven a su posición de reposo. Las hojas conformadas son apiladas en módulos según el requerimiento del cliente; en el caso de material para stock, los módulos son de 50 hojas como máximo.



Las velocidades de proceso de las líneas que conforman los Perfiles Sinusoidales son:

- **Olma:** 60 a 90 m/minuto
- **Formadora 2:** 50 a 65 m/minuto
- **ByK:** 40 a 60 m/minuto

Las velocidades de proceso de las líneas que conforman los Perfiles Trapezoidales son:

- **Diamint:** 25 a 30 m/minuto
- **Formadora 1:** 40 a 51 m/minuto

El Proceso para la fabricación de Perfiles U y C, consta de cuatro etapas:

- **Entrada / Carga de Máquina**
- **Conformado**
- **Corte**
- **Apilado**



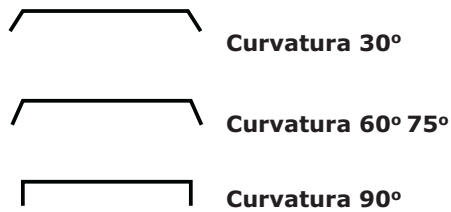
Ruedas engrafadoras

Este equipo está compuesto por 7 stands conformadores de acuerdo al producto a fabricar y espesor de la chapa.

En el caso de perfiles C, el mismo va tomando la siguiente forma:



Para los perfiles U, la geometría evoluciona de acuerdo al siguiente gráfico:



Al final del conformador, un dispositivo corregidor elimina los defectos tales como: Curvatura y Revirado.



Corte y apilado



Forma de apilado de perfiles

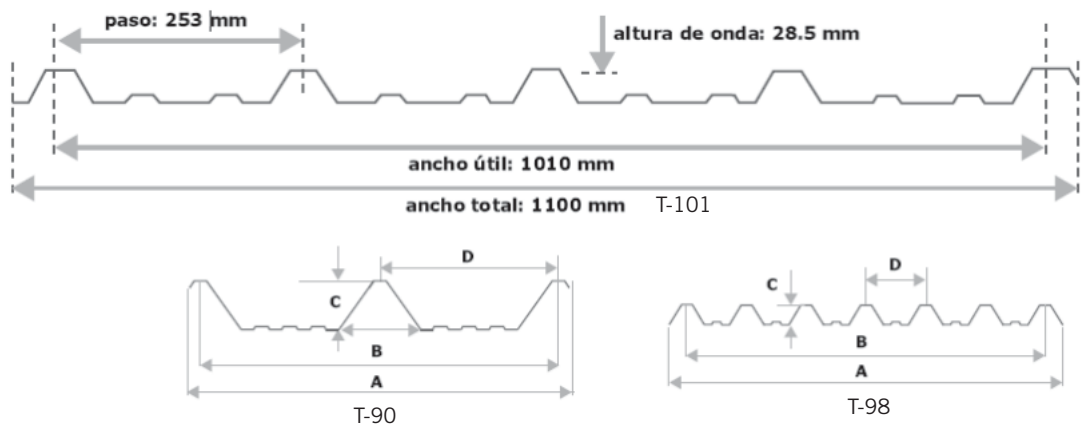
La velocidad de la Formadora 5 que produce Perfiles tipo C y U es de 25 m/minuto. Una vez logrado el largo deseado se procede al corte del perfil con una sierra metálica circular. El material conformado y cortado, se corre de la posición de corte hacia el extremo lateral de la mesa a fin de ser apilado por parejas.

### 1.2.5 Productos

Los productos que se obtienen son:

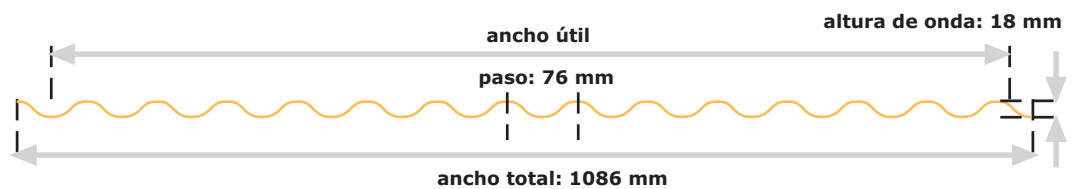
- Hojas con perfiles sinusoidales y trapezoidales de largo entre 1.8 y 13 metros y anchos entre 836 y 988 mm (techados/laterales).
- Perfiles tipo C y U de entre 3 y 12 m de largo (Haedo).

En las siguientes figuras pueden verse cortes de los perfiles de Chapa Trapezoidal tipo T-101, T-90 y T-98 y de Chapa Acanalada Sinusoidal tipo A-1086:



### Chapa Trapezoidal

T-90:	T-98:
A = Ancho Total = 940	A = Ancho Total = 1068
B = Ancho útil = 900	B = Ancho útil = 980
C = Altura = 122	C = Altura = 28
D = Paso = 450	D = Paso = 163



### Chapa Sinusoidal

#### ■ Conformado Sinusoidal

Anchos (Útil) 836 mm y 988 mm.

Espesores estándar 0,30 a 0,50 mm (por pedido hasta 0,89 mm)

Largos 1,83 a 13 mm.

#### ■ Conformado Trapezoidal

Anchos (Útil) 900 - 980 y 1010 mm.

Espesores 0,41 a 0,89 mm.

Largos 1,83 a 13 m.

#### ■ Perfiles C

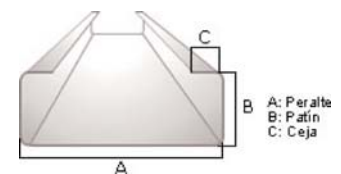
Espesores 1.60 a 3.20 mm.

Alturas 80 a 160 mm.

Anchos 45 a 60 mm.

Alas 10 a 20 mm.

Largos hasta 12 m.





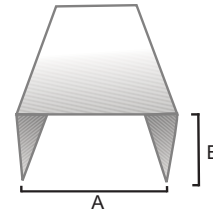
- **Perfiles U**

Espesores 1.60 a 3.20 mm.

Alturas 100 a 200 mm.

Anchos 50 a 80 mm.

Largos hasta 12 m.

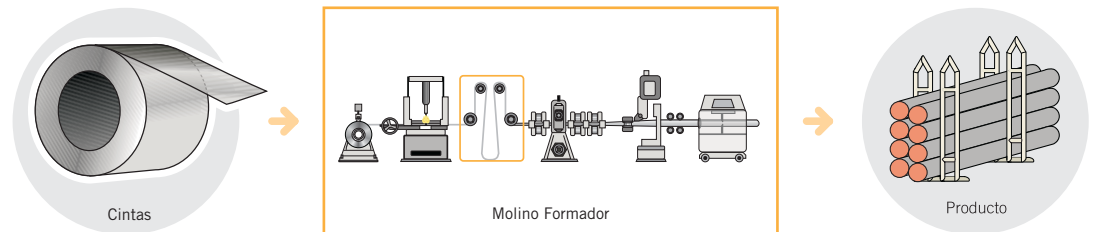


### Aplicaciones

- **Conformado Sinusoidal:** Se utilizan en cubiertas de edificios y galpones, paneles, encofrado perdido y todo tipo de uso en construcciones. Poseen muy buena aptitud para las solicitaciones mecánicas, además de un alto grado de resistencia a la corrosión dado por el recubrimiento galvanizado, cincalum o prepintado, aptos para las más altas exigencias arquitectónicas.
- **Conformado Trapezoidal:** Se utilizan en cubiertas, revestimientos laterales, paneles y todo tipo de uso en construcciones. Cuentan con un alto grado de resistencia a la corrosión dado por el recubrimiento galvanizado, cincalum o prepintado aptos para las más altas exigencias arquitectónicas.
- **Perfiles:** Se utilizan en todo tipo de estructura, simples y reticuladas, como columnas, vigas, cabriadas, paneles, entrepisos, etc.

### 1.3 Tubería

El proceso de Tubería transforma los flejes laminados en caliente y en frío o galvanizados en tubos con costura soldada por resistencia eléctrica.



#### 1.3.1 Materia Prima

Para la fabricación de tubos en frío se utiliza como materia prima chapa laminada en caliente, chapa laminada en frío y chapa galvanizada.

- **Flejes LAC** → Flejes de acero de bajo carbono en espesores desde 1.60 a 4.00 m m.
- **Flejes LAF** → Flejes de acero de bajo carbono en espesores desde 0.80 a 1.60 m m.
- **Flejes Galvanizados** → Espesores 0.8 a 1.60 mm.

#### 1.3.2 Infraestructura

##### Ubicación de las Plantas

Los procesos para la fabricación de tubos se llevan a cabo en las siguientes plantas:

### Planta Rosario

Ubicada en la ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, a 300 kilómetros de la ciudad de Buenos Aires, esta planta fabrica tubos estructurales de uso generales y mecánicos (LAC, LAF y Galvanizados).



### Planta San Luis

Esta planta se encuentra en la ciudad de San Luis, Provincia de San Luis. Allí se producen tubos estructurales (LAC y LAF).



### 1.3.3 Capacidad

Ambas plantas cuentan con las siguientes capacidades y equipos:

Ubicación	Equipo	Capacidad
<b>Planta Rosario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tres líneas de Corte tipo Sliter longitudinal.</li> <li>■ Cinco líneas de conformado de tubos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Corte: 105 mil ton/año</li> <li>■ Tubos LAF-Galvanizados: 28.800 ton/año.</li> <li>■ Tubos LAC: 43.200 ton/año.</li> </ul>
<b>Planta San Luis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dos líneas de Corte tipo Sliter longitudinal.</li> <li>■ Dos líneas de conformado de tubos LAC y LAF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Corte: 20 mil ton/año</li> <li>■ Tubos LAF: 10 mil ton/año.</li> <li>■ Tubos LAC: 15 mil ton/año.</li> </ul>

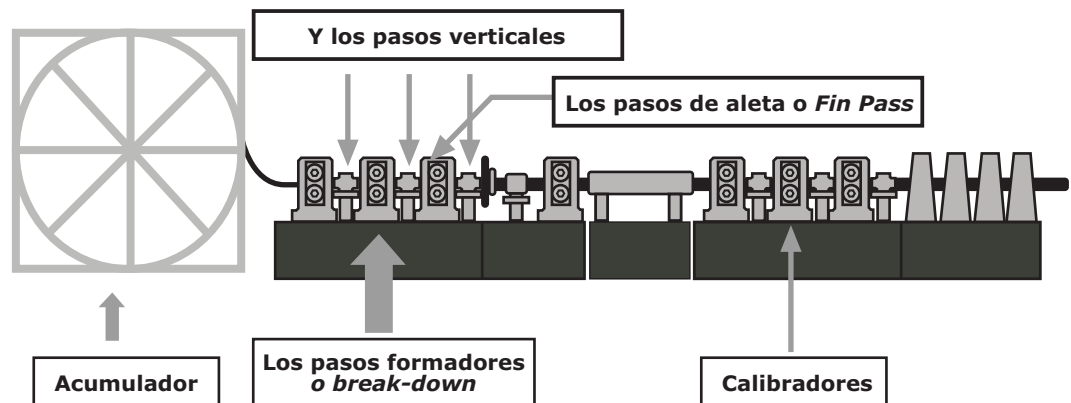
### 1.3.4 Descripción del Proceso

El proceso de fabricación de tubos se divide en 5 etapas:

1. Alimentador
2. Conformado de Tubos
3. Soldadura
4. Calibración y Corte del Tubo a Longitud
5. Apilado

**1. Alimentador.** Al ingreso en producción se sueldan los flejes para almacenarlos en el alimentador formando una cinta continua que alimenta sin interrupción a la conformadora.

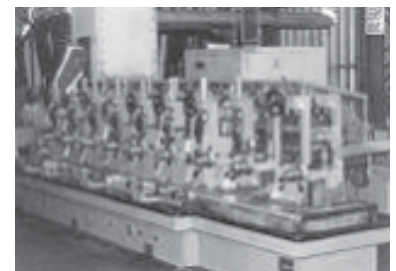
**2. Conformado de Tubos:** El fleje acumulado ingresa al formador, el cual está compuesto por tres partes: los pasos formadores (break down) y los pasos de aleta (fin pass); ambas piezas dispuestas horizontalmente y separadas por pasos verticales. Las mismas cumplen con la función de moldear, gradualmente, la sección del tubo.



El proceso de conformado de tubos ocurre completamente en frío. Toda la línea opera con la misma velocidad, lo único que varía es la intensidad de doblado que ejerce cada paso sobre el producto.

En general, todos los tubos mantienen su forma redonda hasta la fase final de conformado: no es sino hasta luego de los calibradores cuando se les otorga la forma deseada (cuadrada, ovalada o rectangular).

**3. Soldadura:** El tubo semiconformado deja el último paso de aleta e ingresa en la región de soldadura. Allí se entrega energía mediante inducción electromagnética. Los bordes de los flejes se calientan hasta casi la temperatura de fusión del acero al mismo tiempo que los rodillos de la “garganta de soldadura” los enfrentan y presionan para soldarlos. El cordón de soldadura se remueve utilizando una herramienta de corte (rebabado).



El tubo soldado y rebabado se desplaza hacia la mesa de enfriamiento que utiliza una emulsión de agua y aceite como refrigerante.

**4. Calibración y Corte del Tubo a Longitud:** El tubo sale de la región de enfriamiento e ingresa a la región de calibración. Allí se corrige la rectitud del tubo y se cambia la sección a una forma cuadrada o rectangular según la solicitud del cliente.

Posteriormente, se corta el tubo al largo requerido por medio de la cortadora según el diseño de la máquina. Los largos STD son de 6000 mm y, a pedido, se pueden fabricar largos ente 5000 y 8000 mm.

**5. Apilado:** Los tubos son apilados y posteriormente son embalados en paquetes de entre 500 y 1000 kg. Se pesan de acuerdo a especificaciones internas, se etiquetan y posteriormente se almacenan en el depósito de productos terminados.



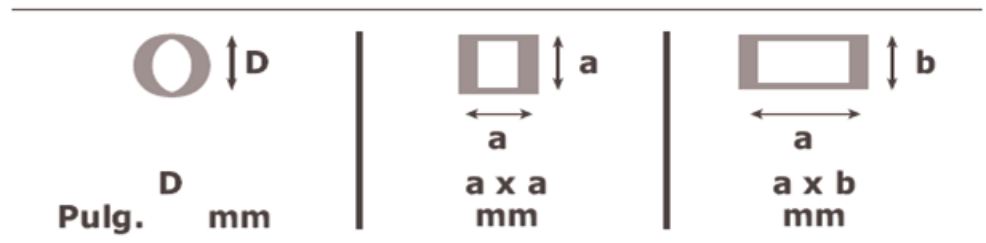
### 1.3.5 Productos

#### Planta Rosario

- Se producen tubos desde ½" hasta 5" de diámetro
- Espesores desde 0.80 a 4 mm
- Largos desde 5000 mm hasta 8000 mm, con un largo STD de 6000 mm
- Se producen tubos redondos, cuadrados o rectangulares, con alternativas de formas ovales de acuerdo a diseño.

### Planta San Luis

- Se producen tubos desde ½" hasta 2.1/2" de diámetro.
- Espesores desde 0.80 a 2.25 mm.
- Se producen tubos redondos, cuadrados o rectangulares.



### Aplicaciones

#### Tubos estructurales:

- Agroindustrias: maquinaria e implementos agrícolas, silos.
- Carrocerías: autos, ómnibus de media y larga distancia.
- Construcción: edificios, naves industriales, galpones, estructuras livianas, pórticos, herrería de obra, carpintería metálica.
- Industria automotriz: caños de escape, amortiguadores, asientos, estructuras.
- Tubos para trefilación.
- Rodados: bicicletas, ciclomotores, bicipartes, motopartes.
- Aparatos de gimnasia.
- Sector vial: columnas de alumbrado, guardaraíes, comunicación y señalética.
- Seguridad: defensas, soportes.
- Vivienda: herrería de obra, portones, marquesinas, escaleras, juegos infantiles, aberturas, barandas, carpintería metálica.



## **Procesos y Productos.**

Introducción a los Procesos y Productos de Ternium

**8.** Laminación de Productos Largos



## Capítulo 8. Laminación de Productos Largos

### Objetivo

Al finalizar el capítulo el participante estará en capacidad de:

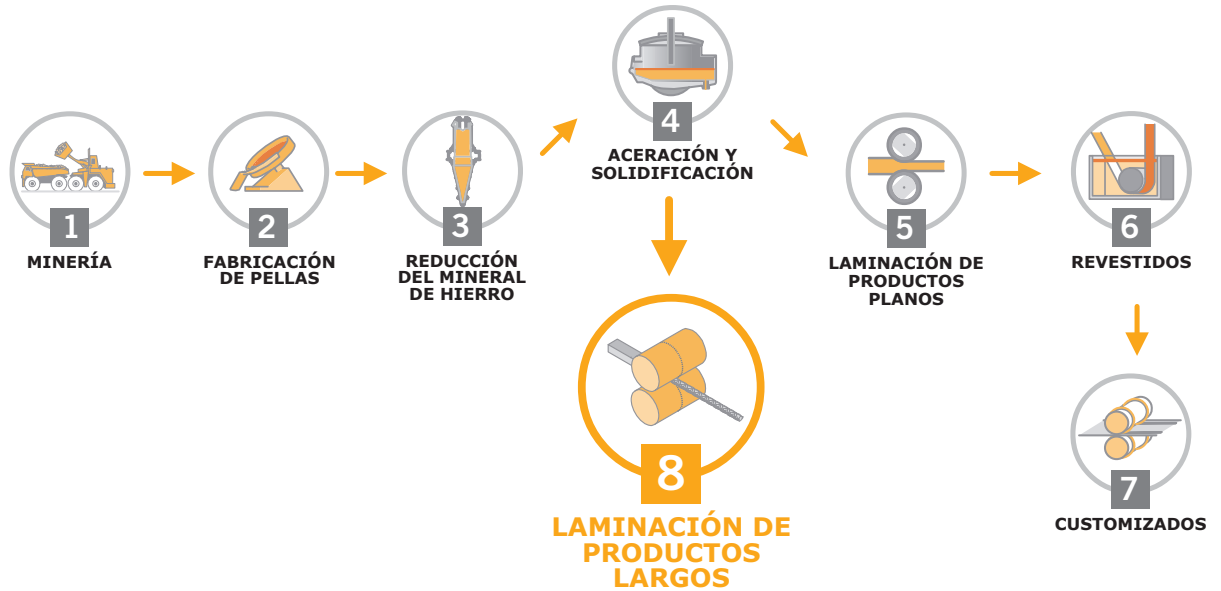
- Identificar el proceso de Laminación de Productos Largos en Ternium.
- Familiarizarse con el vocabulario propio del proceso.

Pag	Contenido
	Los contenidos desarrollados en este capítulo son los siguientes:
2	<b>I. Generalidades</b>
2	<b>I.i La Laminación de Productos Largos en la Fabricación del Acero</b>
2	<b>I.ii Definición del Proceso</b>
3	<b>I.iv Barras</b>
4	A. Definición
4	B. Secuencia de Operaciones
4	<b>I.v Alambrón</b>
4	A. Definición
4	B. Secuencia de Operaciones
5	<b>I.vi Ubicación y Capacidad</b>
5	<b>I.iii Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium</b>

## I Generalidades

### I.i La Laminación de Productos Largos en la Fabricación del Acero

Laminación de Productos Largos, es el octavo proceso en el Flujo para la Fabricación del Acero.



### I.ii Definición del Proceso

La Laminación de Productos Largos consiste en reducir la sección transversal de la Palanquilla proveniente de la Colada Continua, para transformarla en Alambρόn, Barras (Varilla) y rollos de aceros con y sin resaltes.

Esto se realiza a través de una deformación mecánica, a alta temperatura, mediante un tren laminador, que ira reduciendo el tamaño de la sección hasta lograr las dimensiones requeridas del producto final.



### I.iii Barras

#### A. Definición

Son productos que se utilizan como refuerzo de concreto. Su superficie está provista de rebordes (corrugaciones) que inhiben el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.

Los sectores a los cuales está destinado este producto son:

- Construcción
- Industrial
- Forja
- Semiprocesados

#### B. Secuencia de Operaciones

La secuencia de operaciones que se llevan a cabo para la fabricación de Barras o Varilla es:

- Entrada de Materia Prima
- Calentamiento de la palanquilla
- Laminación: Molino o Tren Desbastador, Preformado y Terminador
- Corte y Enfriamiento
- Salida (empaquetado y almacenaje)

### I.iv Alambrón

#### A. Definición

Es el producto de menor sección transversal circular y de superficie lisa, obtenido por la laminación en caliente de palanquillas. Este producto está destinado a procesos de trefilación o deformación en frío. También puede ser usado para fabricar alambre y mallas electro soldadas.

Los sectores a los cuales está destinado el producto del Alambrón son:

- Industrial
- Agrícola
- Construcción
- Soldadura
- Trefilado

## B. Secuencia de Operaciones

La secuencia de operaciones que se llevan a cabo para la fabricación de Alambroón es:

- Calentamiento
- Laminación
- Enfriamiento

### I.v Ubicación y Capacidad

Las plantas de Ternium en donde se fabrica el proceso de Laminación de Productos Largos, tienen una capacidad de producción de:

Area Manager	Ubicación	Capacidad
<b>México</b>	<p>Cuenta con dos instalaciones separadas geográficamente en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Largos Apodaca fabricante de varilla recta y doblada, ubicada en los límites de San Nicolás y Apodaca, en el estado de Nuevo León.</li> <li>■ Largos Puebla, está ubicada en el municipio de Xoxtla.</li> </ul>	<p>Las instalaciones de producen al año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Varilla: 607 mil ton/año</li> <li>■ Alambroón: 344 mil ton/año</li> </ul>
<b>Venezuela</b>	<p>Las instalaciones están ubicadas en la zona centro-occidental de la planta.</p>	<p>Las instalaciones producen una capacidad al año de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Barras: 500 mil ton/año</li> <li>■ Alambroón: 600 mil ton/año</li> </ul>

### I.vi Flujo del Proceso en la Fabricación del Acero en Ternium

El siguiente diagrama, muestra los procesos en la fabricación de productos de características alargadas, así como las Áreas Manager en donde se realizan:

