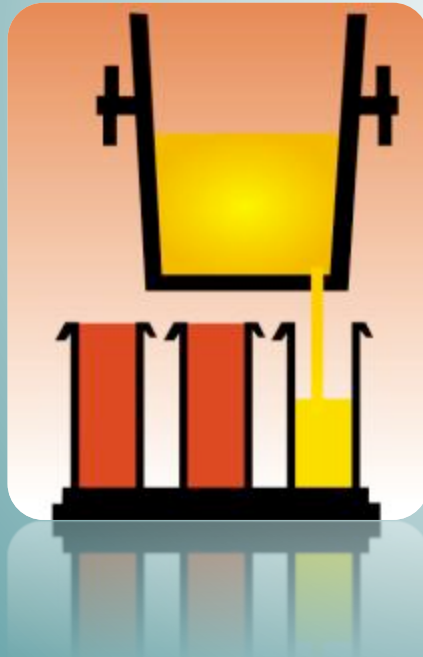


Metalurgia y Siderurgia

Bloque 4. Siderurgia



María Luisa Payno Herrera

Jesús Setién Marquínez

DPTO. DE CIENCIA E INGENIERÍA DEL
TERRENO Y DE LOS MATERIALES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

SIDERURGIA

Acero: generalidades

Es una aleación de hierro, carbono y otros elementos tal que Si, P, S (no metálicos) y Mn, Ti, Cr, Va, Ni, Mo,..... (metálicos)

Propiedades:

- Excelentes características mecánicas y estructurales en relación con su peso
- Excelentes calidades técnicas y de fabricación:
 - fácil de conformar en caliente y en frío,
 - fácil de mecanizar
 - fácil de ensamblar (soldadura y remaches),
 - fácil de proteger contra la corrosión (inoxidables, galvanizado, pintura...)

PROPIEDADES

- Bajo coste unitario, observable cuando se compara con otros metales alternativos. Para obtener prestaciones equivalentes, el aluminio es 2,8 veces más caro que el acero y precisa menor consumo energético (un 25 % del necesario para producir Al)
- Gran abundancia del mineral de Fe que constituye la materia prima básica
- Gran disponibilidad de diferentes tipos de acero según el uso a que vaya destinado (corte, fricción, choque, ...)
- Respetuoso con el medio ambiente, destacándose su facilidad para el reciclaje. El nuevo acero utiliza un promedio del 40% de acero reciclado o chatarra

APLICACIONES

- Múltiples usos:
 - Automóvil (entre un 50-70 % del peso del automóvil)
 - Construcción (hormigón armado, estructuras, cubiertas, fachadas)
 - Envases (latas de bebidas)

PROCESO SIDERÚRGICO INTEGRAL

La siderurgia integral utiliza la ruta del horno alto para la reducción de los minerales de hierro, eliminando el oxígeno y obteniendo un hierro con contenidos totales superiores al 95-96 %, que se denomina **arrabio**

La utilización del **horno alto** a nivel mundial contribuye aproximadamente al 60 % de la producción total de acero vía LD, siendo los países más desarrollados los que tienen una cuota más alta en esta ruta

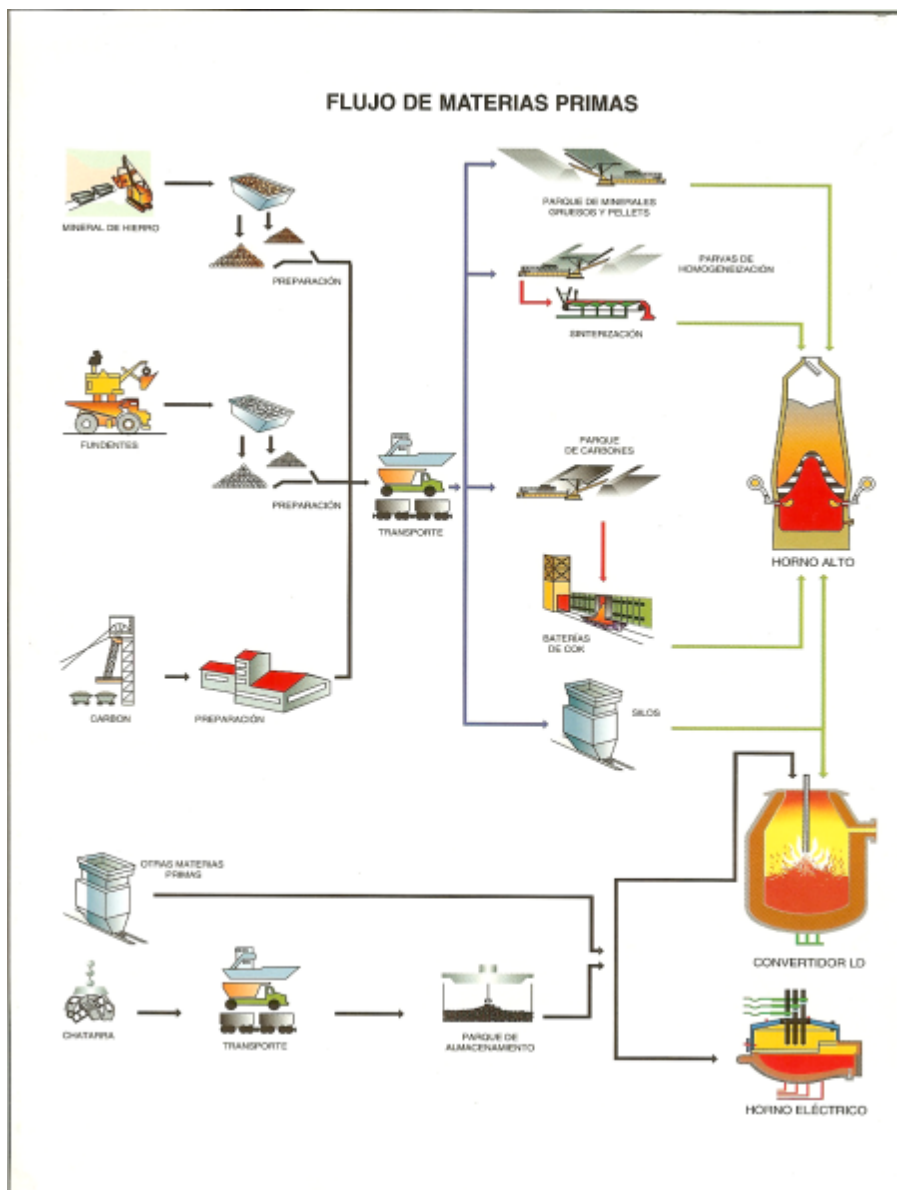
La ruta **del horno eléctrico** se basa en el empleo de chatarra, pero la escasez de chatarras limpias ha potenciado la necesidad de encontrar procesos de obtención de prerreducidos de hierro, en base a la reducción directa en fase sólida de minerales de hierro, con agentes reductores, tales como gas natural o carbón

Instalaciones de cabecera

- En cabecera, se produce el proceso de reducción del mineral (óxidos o carbonatos de Fe) a hierro

Materias primas básicas

- Las materias primas de un proceso se consideran aquellos materiales de entrada al mismo y que tras su transformación se constituyen en el producto o material de salida del citado proceso
- Materias primas requeridas en los procesos de producción de arrabio y acero son:
 - Mineral de Fe que para facilitar su manejo y mejorar su eficiencia de reacciones se pelletiza o sinteriza
 - Carbón mineral con alto contenido en volátiles para su transformación en cok: actúa como reductor, combustible o soporte mecánico en el horno alto
 - Fundentes para disminuir temperaturas durante la reacción de reducción y facilitar la eliminación de impurezas en la escoria



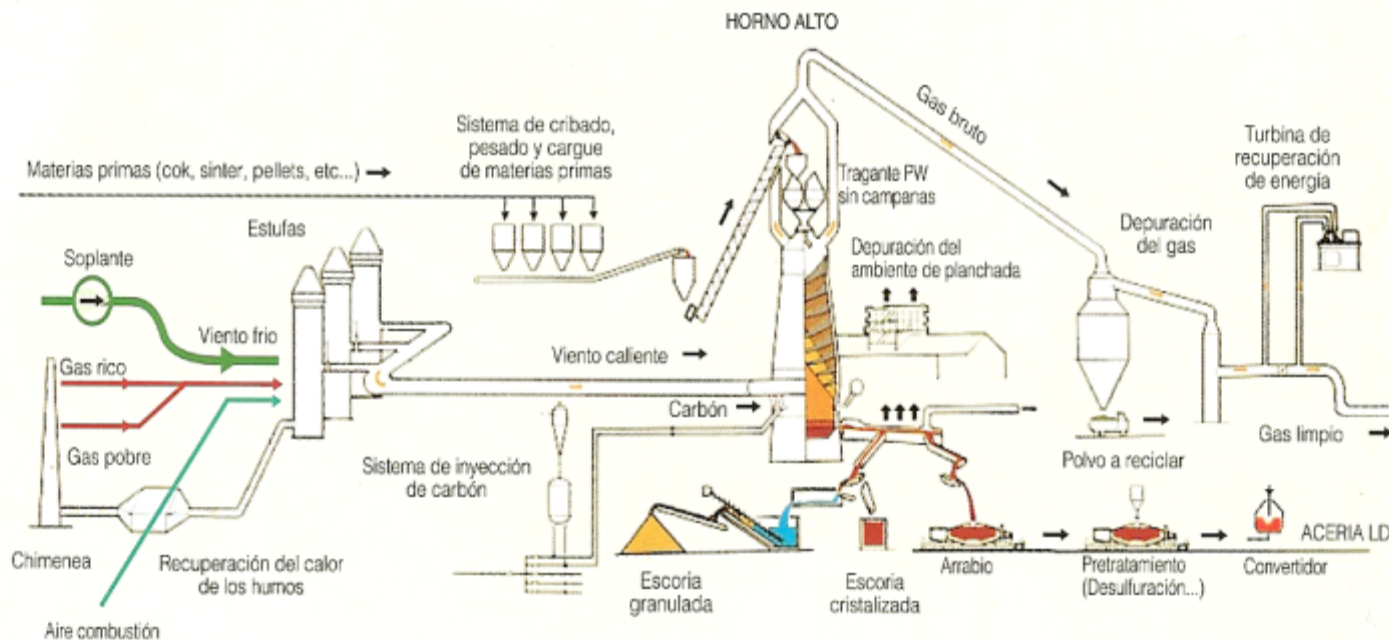
- Procesos
- Reducción directa, con gas natural o carbón, obteniéndose un prerreducido que se utiliza como materia prima en la acería de horno eléctrico

Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

Horno alto

- Es un reactor vertical, de cuba en el que se efectúa el proceso de reducción directa de los minerales, obteniéndose un producto intermedio: el arrabio
- Este arrabio será tratado fuera del horno, normalmente en una planta de desulfuración y será posteriormente afinado en la acería LD para obtener acero

Esquema de instalación de horno alto



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

Proceso

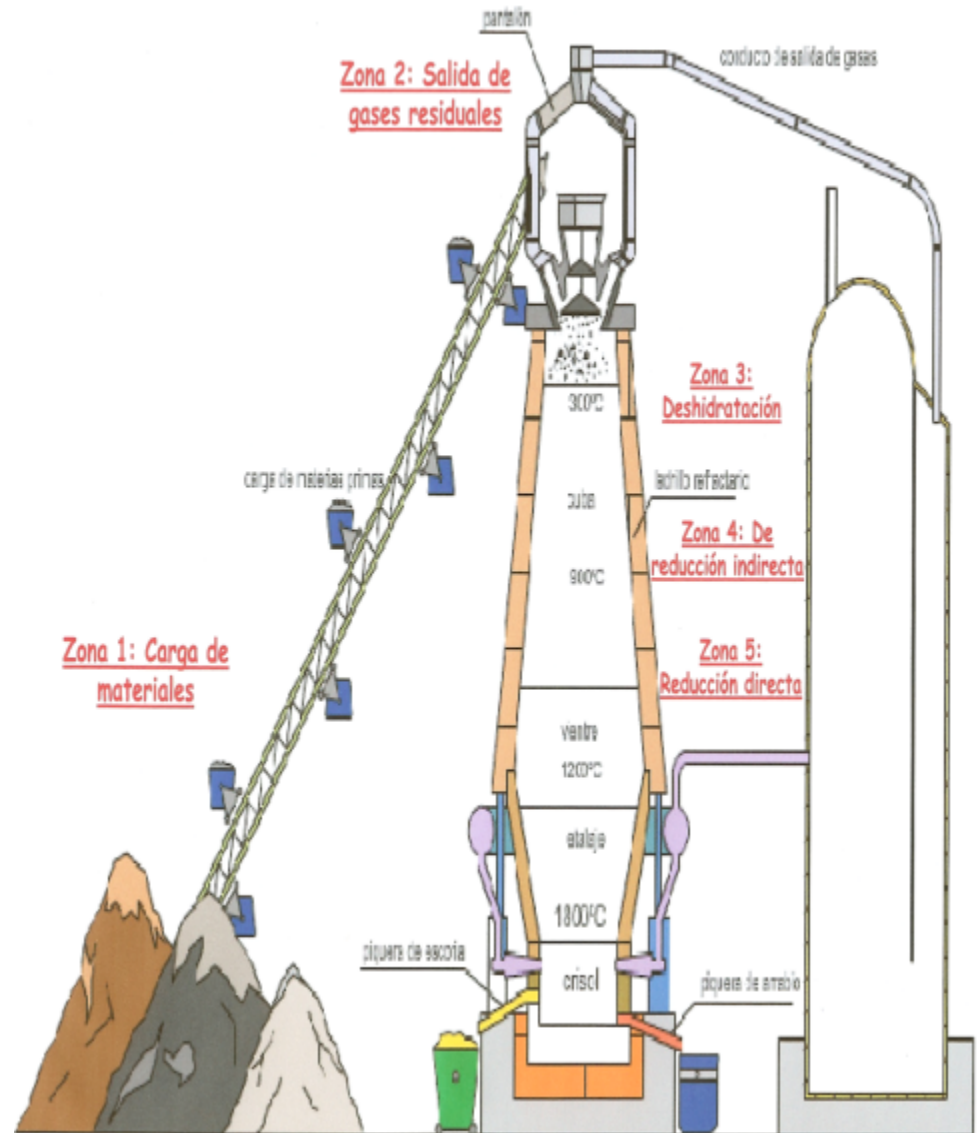
- Por el tragante se carga mineral de hierro, cok y fundentes
- Por las toberas se inyecta aire y combustibles auxiliares
- El aire caliente hace que el cok entre en combustión formando CO_2 que al ascender en contacto con el C se reduce a CO
- Los minerales oxidados que descienden desde el tragante son reducidos a hierro fundido por la temperatura del horno, que absorbe cierta cantidad de carbono y otros elementos presentes en el mineral
- Las temperaturas varían según la zona del alto horno desde 500°C hasta 2.000°C
- En el crisol se obtienen fundidos la escoria y el arrabio que son colados periódicamente
- El arrabio es una aleación de Fe y C (4 % aproximadamente) y otras impurezas

Equipos

- Sistema de evacuación de gases
- Tragante
- Cuerpo del horno
 - ✓ Parte inferior: crisol
 - ✓ Etalajes: zona de inyección del aire caliente
 - ✓ Etalajes paralelos o vientre
 - ✓ Cuba
- Instalaciones auxiliares
 - ✓ Sistemas de control (temperatura, presión, análisis de gas)
 - ✓ Recuperadores de calor
 - ✓ Zona de colada
 - ✓ Depuración de gases

c) Desulfuración del arrabio.

Se trata de rebajar el % de azufre en el arrabio, antes del proceso del convertidor



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

Fabricación del acero

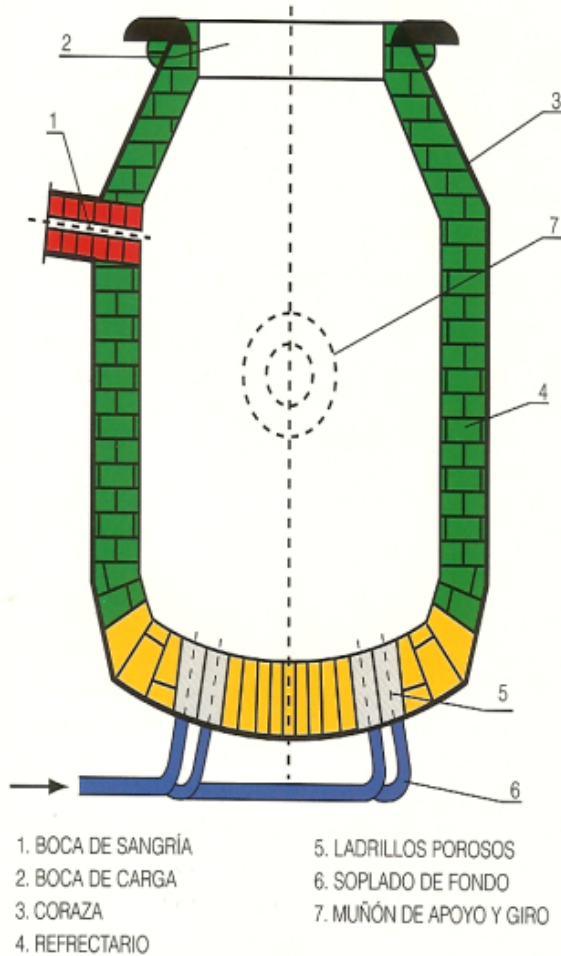
- El arrabio producido en el horno alto, después de la desulfuración, contiene impurezas y elementos que deben eliminarse o variarse para obtener las características del producto deseado: un acero concreto
- Existen dos procedimientos:
 - Siderurgia integral: horno alto y acería LD
 - Horno eléctrico de arco
- En ambos casos el objetivo es variar la composición del arrabio (disminución del contenido en carbono, eliminación de elementos como azufre o fósforo que disminuyen las propiedades mecánicas o adicionar elementos que le dan al acero cualidades específicas)

Convertidor al oxígeno LD (Linz-Ddonawitz)

Proceso de afino

- Al insuflar oxígeno en el arrabio se produce una descarburación exotérmica ($C + O_2 = CO_2 + \text{calor}$) que también facilita la oxidación de elementos perjudiciales que pasaran a la escoria (reducción del contenido en Si, Mn, P) así como una desoxidación posterior (eliminación del contenido en oxígeno) añadiendo ferrosilicio (Fe-Si)
- También en esta fase se adicionan ferroaleaciones de aquellos elementos que confieren al acero propiedades especiales (Cr, Mn, Va, Ni, Ti,...)
- El reactor en el que se realiza la operación se llama convertidor. El proceso comienza con la carga de chatarra, se vierte el arrabio fundido, fundentes, escorificantes y por la parte superior con una lanza se introduce el oxígeno. En la fase final se adicionan las ferroaleaciones.
- Finalmente se bascula el convertidor y se cuegan la escoria y el acero

Sección de convertidor con soplado combinado



- Materias primas
- **Arrabio líquido**, que se transporta en cucharas torpedo desde el horno alto con un contenido en carbono aproximado del 4,5 % y una temperatura del orden de 1.350 °C
- **Chatarra**
- **Fundentes** (cal dolomítica, espato de flúor)
- **Aditivos** (Fe- Si , ferroaleaciones)
- **Oxígeno**, de gran pureza

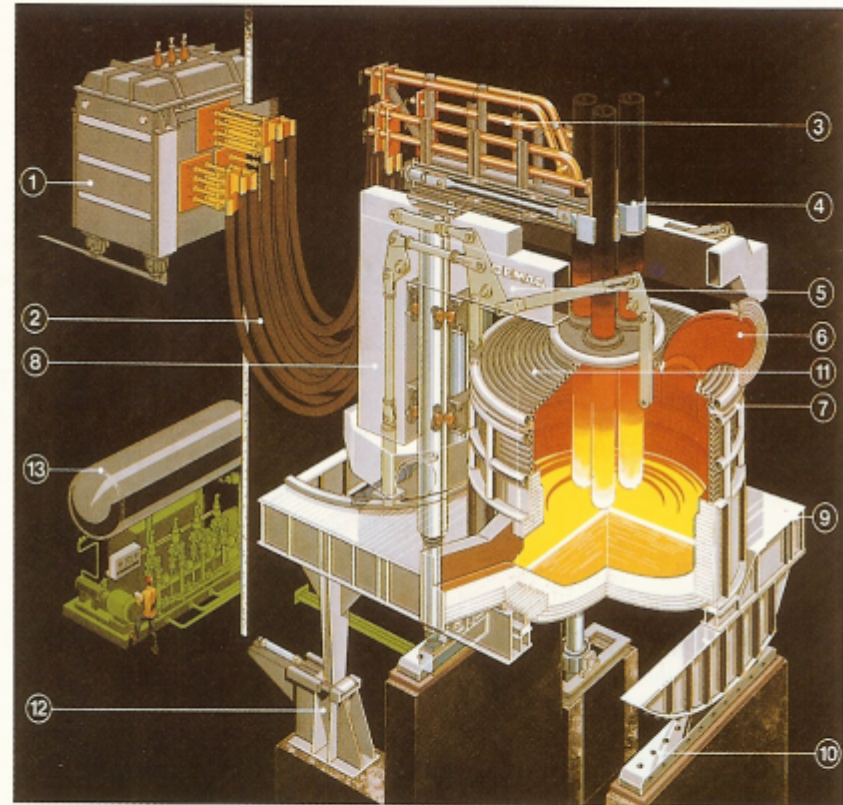
El soplado de oxígeno puede ser:

- Por la parte superior o boca del convertidor
- Soplado por el fondo
- Soplado combinado

Horno eléctrico de arco

- En este caso el fundamento del proceso es la fusión de la carga (chatarra, prerreducidos, arrabio) por el calor producido por el arco eléctrico establecido entre los electrodos y dicha carga. Es el sistema que permite un reciclaje masivo de la chatarra.

Esquema de horno eléctrico de corriente alterna



1. TRANSFORMADOR
2. CONEXIÓN DE CABLE FLEXIBLE
3. BRAZOS DE LOS ELECTRODOS
4. SUJECCIÓN DE LOS ELECTRODOS
5. PÓRTICO CON BRAZOS
6. SALIDA DE HUMOS REFRIGERADA
7. PANELES REFRIGERADOS

8. ESTRUCTURA
9. ESTRUCTURA OSCILANTE
10. CREMALLERA
11. BÓVEDA REFRIGERADA
12. DISPOSITIVO DE VOLTEO
13. GRUPO HIDRÁULICO

Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

Horno eléctrico de arco

- Las ventajas de este procedimiento son:
 - Fabricación de cualquier tipo de acero en función del tipo de carga
 - Amplia versatilidad de carga
 - Baja inversión, comparada con la ruta integral
 - Alta eficiencia del proceso
 - Facilidad de control y automatización

Componentes del horno eléctrico

- Cuba del horno con dispositivo de colada y sistema de cierre
- Sistema de vuelco (colada)
- Bóveda giratoria refrigerada por agua
- Electrodo de grafito que atraviesan la bóveda y establecen el arco eléctrico a partir del paso de la corriente eléctrica
- Brazos portaelectrodos
- Depuración de humos

Horno eléctrico

Proceso

- Carga de la chatarra, junto con los fundentes
- Conexión de la corriente eléctrica e inicio del proceso de fusión
- Inyección de oxígeno y desfosforación
- Calentamiento
- Colada

Metalurgias secundarias

- Su objetivo es completar las operaciones de afinado ajustando las concentraciones de impurezas de forma que permitan cumplir las exigencias técnicas propias del tipo de producto a fabricar con el acero
- Las principales operaciones son:
 - Ajuste de las concentraciones de los elementos de aleación
 - Descarburación
 - Desulfuración
 - Defosforación
 - Desoxidación
 - Limpieza
- Estas operaciones suelen efectuarse en las propias cucharas de colada con adaptaciones especiales para el calentamiento, control de las atmósferas, inyección de gases, etc.

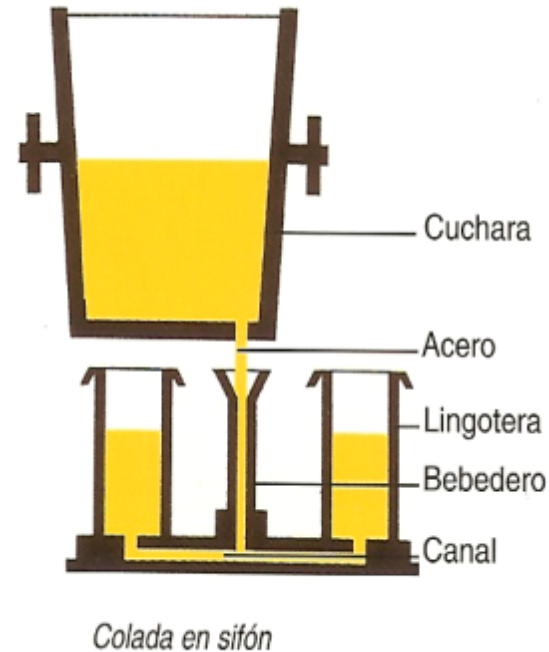
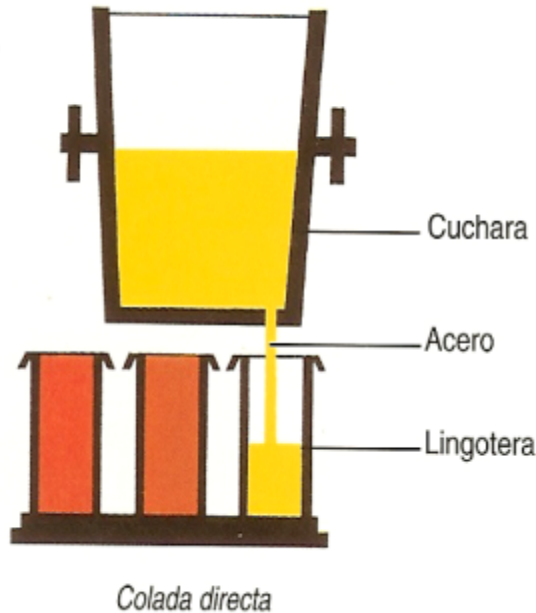
Colada del acero

Es el proceso en el que el acero líquido se conforma en forma sólida con una tipología acorde a su posterior transformación en un producto de uso industrial

• Los procesos pueden ser:

- Acero moldeado: el acero se cuela sobre un molde con la forma del producto a obtener
- Colada sobre lingotera, obteniéndose un lingote que posteriormente se lamina en caliente o se forja
- Colada continua, el acero se cuela en un molde abierto por el fondo del que se extrae en forma continua el producto solidificado, en forma de palanquilla, panchones, redondos, etc.

Colada del acero



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

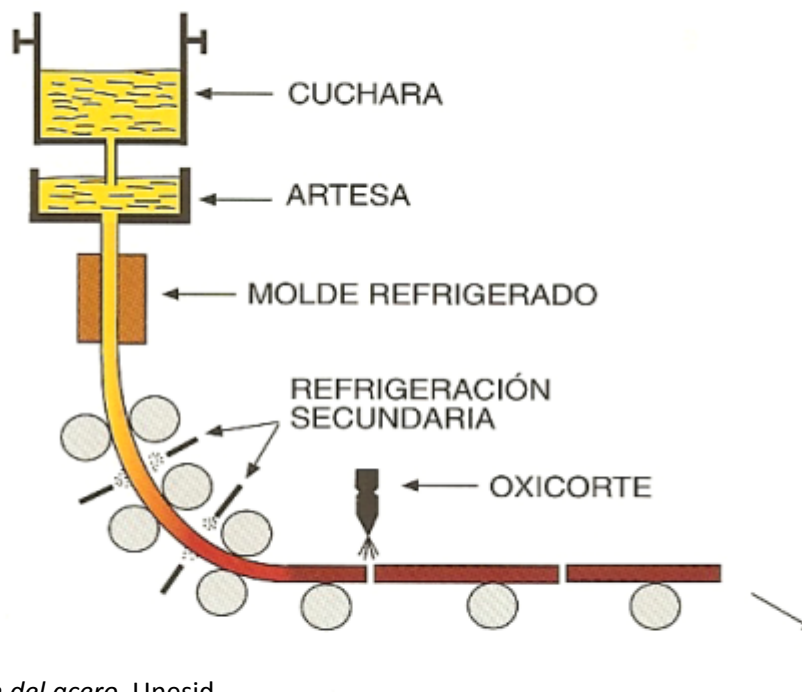
El llenado de las lingoteras se puede realizar de dos maneras:

Colada directa.-La cuchara se sitúa encima de la lingotera, se abre el mecanismo de cierre, haciendo que el chorro caiga adecuadamente

Colada en sifón.-En este procedimiento, el llenado de la lingotera se hace por el fondo

Colada en continuo en un molde abierto por ambos extremos,

obteniéndose un producto solidificado de diversas formas: palanquilla, redondos, etc.



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

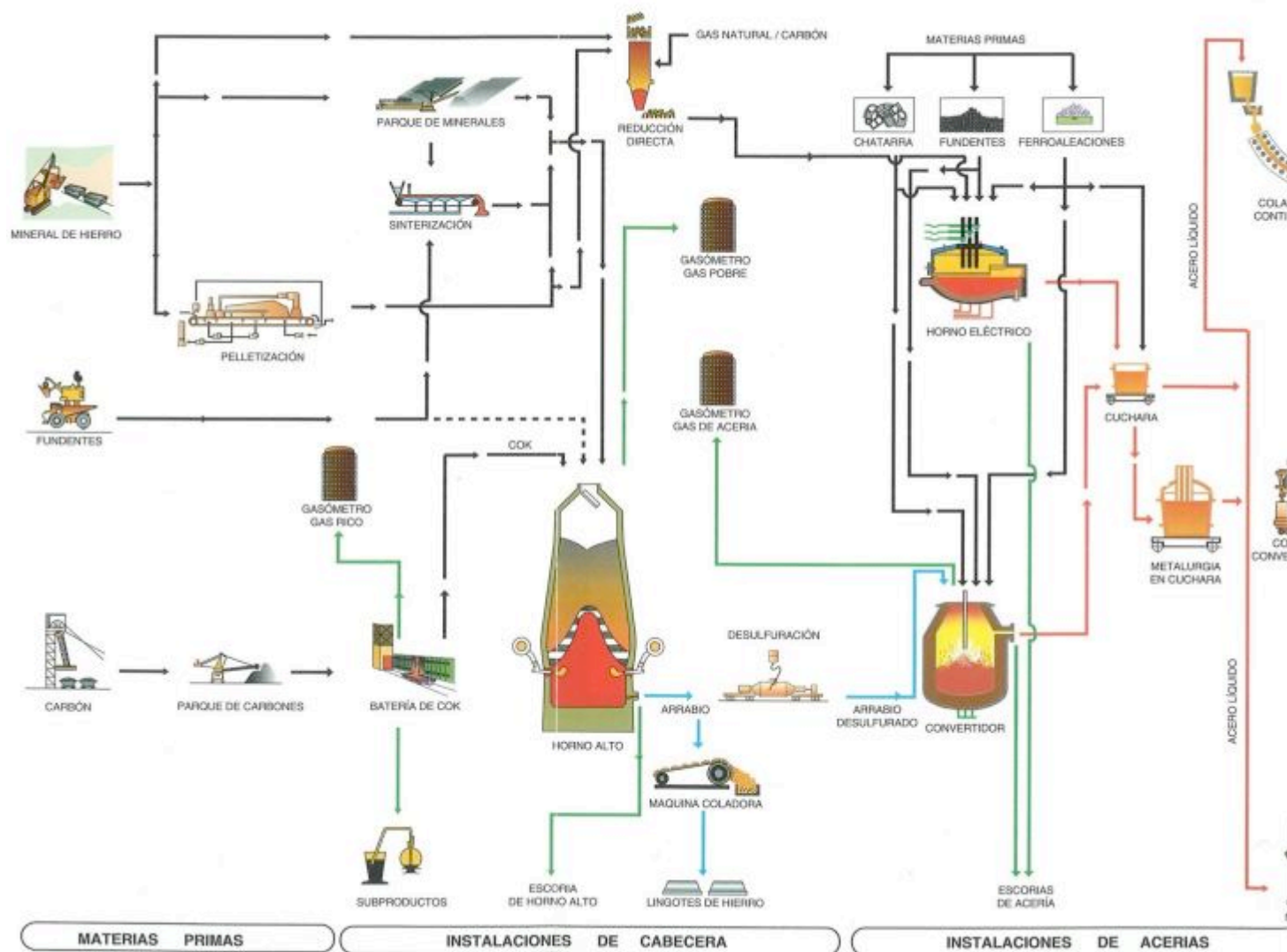
- En la actualidad el proceso más común es la colada en continuo que tiene las siguientes ventajas:
 - Eliminación de lingoteras
 - Menor mano de obra
 - Menor consumo energético
 - Mayor relación acero producido/producto obtenido
 - Mayor calidad superficial del producto

Transformación de los productos semiacabados

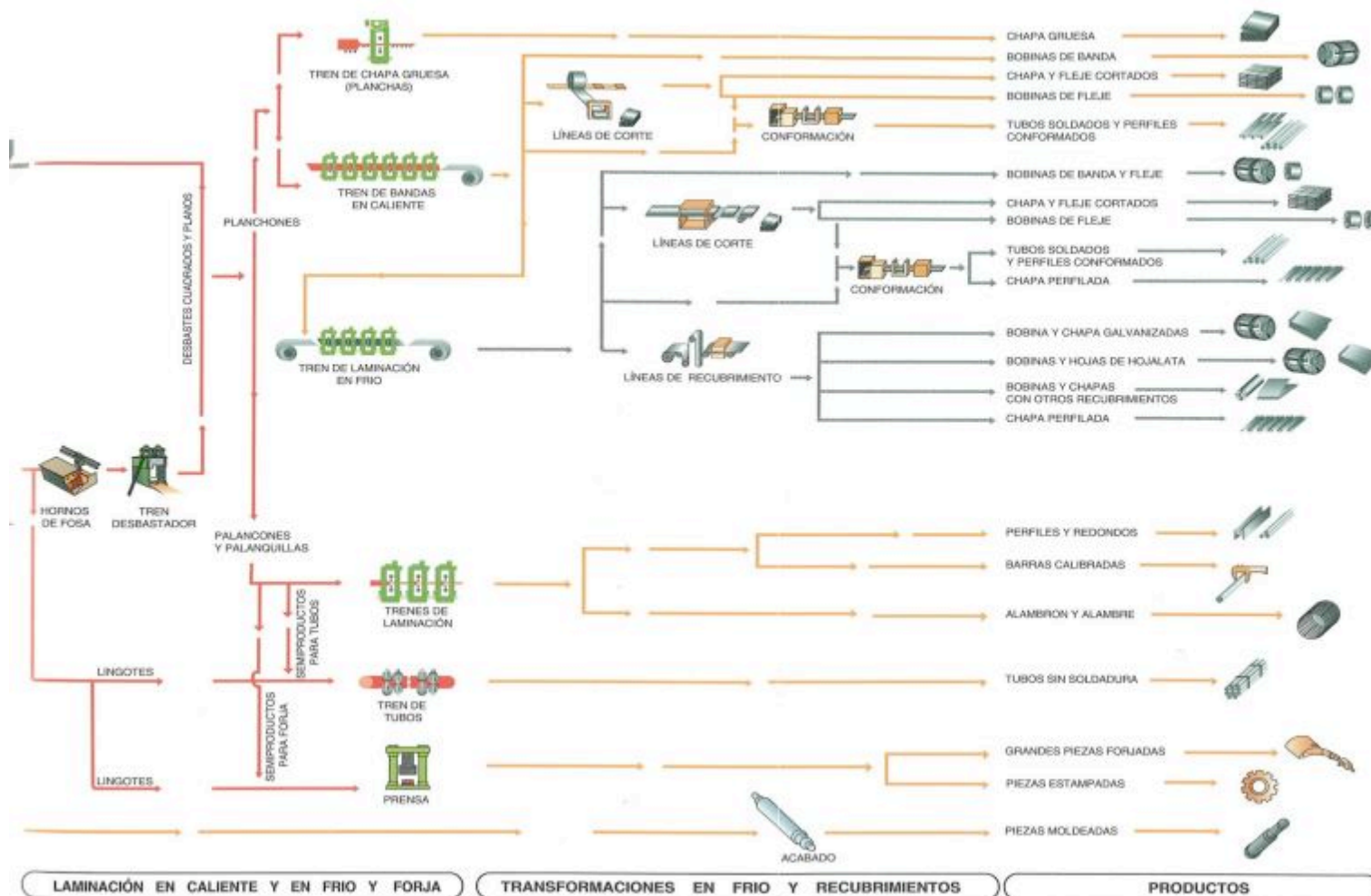
Los principales procesos de conformación y/o acabado son:

- Proceso de conformación:
 - laminación
 - forja
- procesos de acabado:
 - procesos de transformación en frío (laminación, trefilado, calibrado)
 - recubrimientos
- procesos modificadores de las transformaciones del acero:
 - tratamientos térmicos

Bloque 4. Siderurgia



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31



Infografía: *La fabricación del acero*. Unesid.
http://www.unesid.org/main.asp?id_pagina=31

APLICACIONES DEL ACERO: productos



Foto: Alfred T. Palmer. Licencia: Dominio Público.

Fuente: Library of Congress. <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/fsac.1a35062>

Bobina de cable trenzado

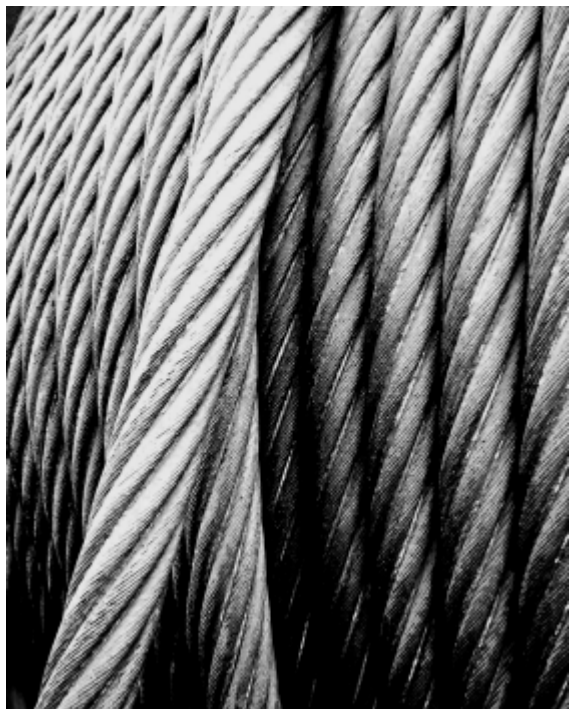


Foto: Johannes 'volty' Hemmerlein.
Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](#)

Armadura para un pilote de sección circular



Foto: Luigi Chiesa. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](#)

Construcción



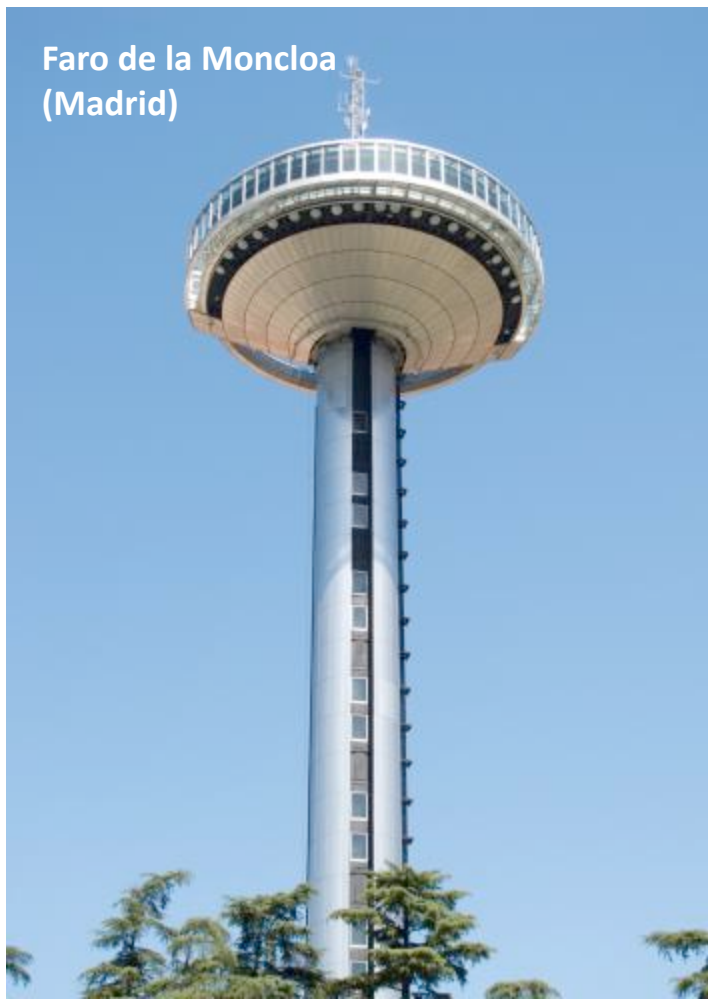
Foto: Immanuel Giel. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Construcción



Foto: Atarom. Licencia: Dominio Público

Construcción



Fotos: Kadellar. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Calderería

Camión cisterna



Foto: Christian Amet. Licencia: [Creative Commons 2.5 BY](#)

Tanques industriales con combustible



Foto: Tksteven. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](#)

Construcción naval

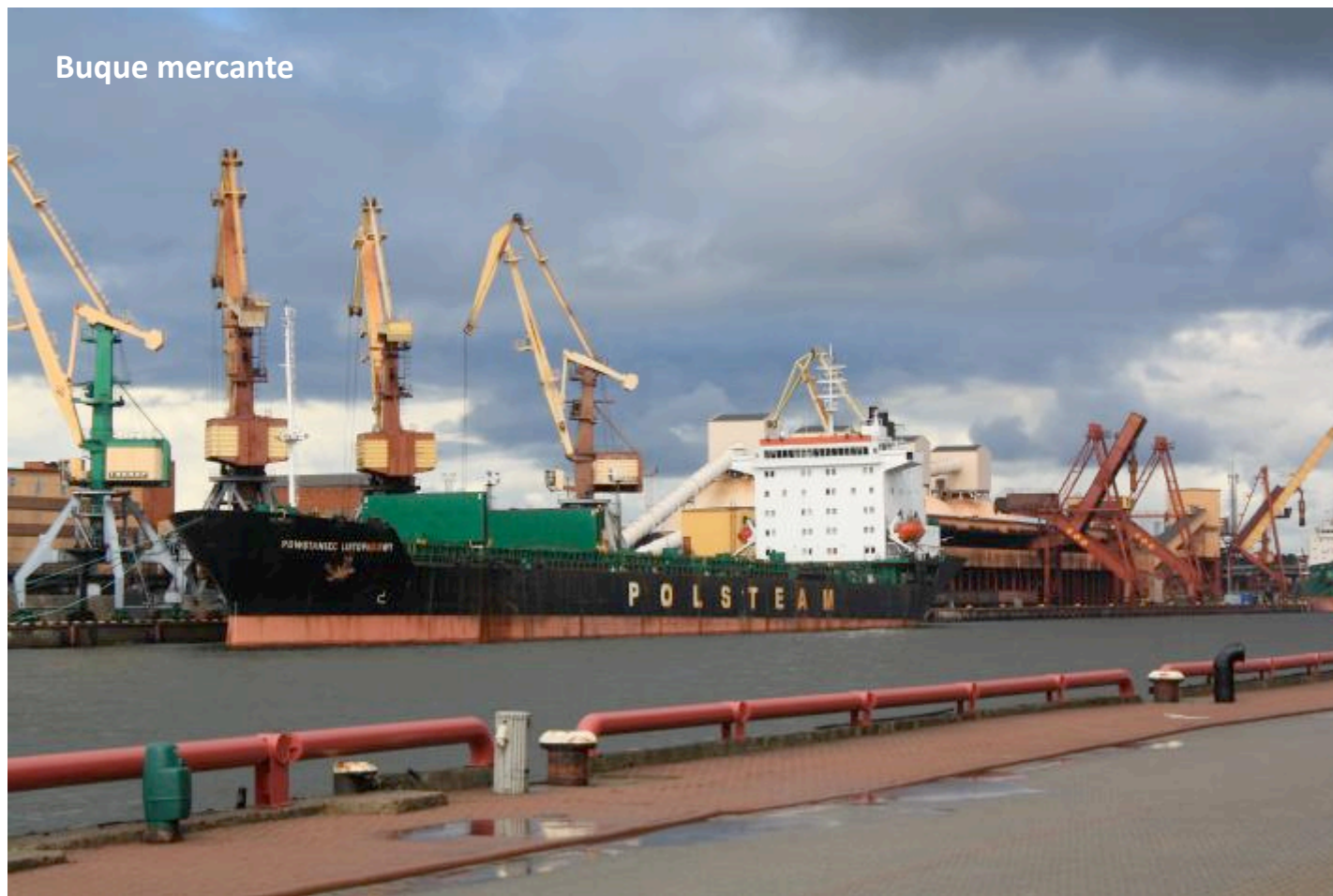


Foto: Mariusz Paździora. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Industria automoción

Puerta de automóvil troquelada



Foto: Tailored Blank Hoesch Museum. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Material ferroviario

Tren de pasajeros Vlocity



Foto: Marcus Wong. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Industria química

Refinería Anacortes en EE.UU



Foto: Walter Siegmund. Licencia: [Creative Commons 3.0 BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Electrodomésticos

Frigoríficos



Foto: Id 1337x. Licencia: Dominio Público

Lavadoras



Foto: Arpingstone. Licencia: Dominio Público

Envases

Latas de hojalata



Foto: Seth Ilys. Licencia: Dominio Público

Transformados

Guardarraíl



Foto: B.L. Mann. Licencia: Dominio Público