



Universidad
itaca 
Ad excellentiam per conscientiam

PROCESOS INDUSTRIALES

Tutorial
Sesión 3



M en C Rogelio Velasco Salazar

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE

PROCESOS INDUSTRIALES

CLAVE DE LA ASIGNATURA

LII 216

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA:

Al término del curso, el alumno analizará los problemas relativos a la producción de bienes, identificando su proceso de fabricación en distintas fases, hasta la obtención de un producto final.

Sesión 3

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

1.5. Tipos de hornos

1.6. Clasificación del acero

OBJETIVO:

Al término de la sesión, el alumno conocerá como operan los diferentes tipos de hornos para la obtención del acero y la clasificación de los tipos de acero según su uso.

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

1.5. Tipos de hornos¹

El proceso de fabricación del acero a partir del arrabio (material fundido que se consigue en el alto horno) consiste en eliminar el exceso de carbono y otras impurezas. La dificultad consiste en que para la fabricación del acero se necesita una elevada temperatura para llegar al punto de fusión, 1.400°C aproximadamente. Existen diferentes tipos de hornos para fabricar el acero.

a) Horno de Pudelado

El hierro dulce es un metal que contienen menos del 0.01% de carbono y no más de 0.003% de escoria. Para su obtención se requiere del proceso conocido como pudelado, el que consiste en fundir arrabio y chatarra en un horno de reverbero de 230 kg, este horno es calentado con carbón, aceite o gas. Se eleva la temperatura lo suficiente para eliminar por oxidación el carbón, el silicio, y el azufre. Para eliminar todos los elementos diferentes al hierro, el horno de pudelado debe estar recubierto con refractario de la línea básica (ladrillos refractarios con magnesita y aluminio). El material se retira del horno en grandes bolas en estado pastoso y el material producido se utiliza para la fabricación de aleaciones especiales de metales. Ver fig. 1



Figura 1

b) Hornos o convertidores Bessemer

Con el horno Bessemer se obtienen mayor cantidad de material. Es un horno en forma de pera que está forrado con material refractario de línea ácida o básica. El convertidor se carga con chatarra fría y se le vacía arrabio derretido, posteriormente se le inyecta aire a alta presión con lo que se eleva la temperatura por arriba del punto de fusión del hierro, haciendo que este hierva. Con lo anterior las impurezas son eliminadas y se obtiene acero de alta calidad.

Consiste de 3 fases

1ª Fase (**Escorificación**): Se coloca el convertidor horizontalmente y se llena el 20% de capacidad con fundición. Se inyecta aire a presión y el convertidor vuelve a su posición normal. El oxígeno del aire quema el silicio y el manganeso que se encuentra en la masa fundida y los transforma en los correspondientes óxidos.

¹ <http://www.catedu.es/tecnologiautrillas/materiales/web3.htm>

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

2ª Fase (**Descarburación**): El oxígeno comienza a oxidar el carbono.

3ª Fase (**Recarburación**): quemándose el carbono, el oxígeno llegaría a oxidar totalmente el hierro dejándolo inservible; a este punto se corta el aire, se inclina el convertidor y se añade a la masa líquida una aleación de hierro, carbono y manganeso. Ver fig. 2

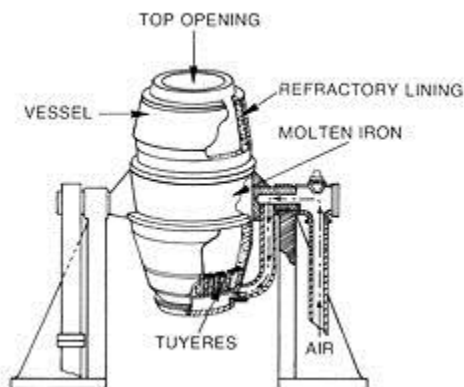


Figura 2

c) Horno Martin-Siemens²

Es un horno de reverbero. La solera se calienta exteriormente y se cargan el arrabio y la chatarra inclinados hacia un orificio de salida. La capacidad de estos hornos es muy variable: los hay hasta de 250 toneladas. La bóveda es de ladrillo refractario de sílice. Por el exterior circula aire frío para refrigerar. Los gases de la combustión pasan por unos recuperadores que invierten su sentido de circulación con el aire carburante y producen temperaturas muy elevadas, a unos 1800 ° C. A dicha temperatura funde la chatarra y lingotes de arrabio solidificado bajo la llama producida en la combustión; se eliminan las impurezas y se consiguen aceros de una gran calidad para fabricar piezas de maquinaria. Su campo de aplicación es muy amplio, ya que pueden fundir latones, bronce, aleaciones de aluminio, fundiciones y acero. Ver fig. 3

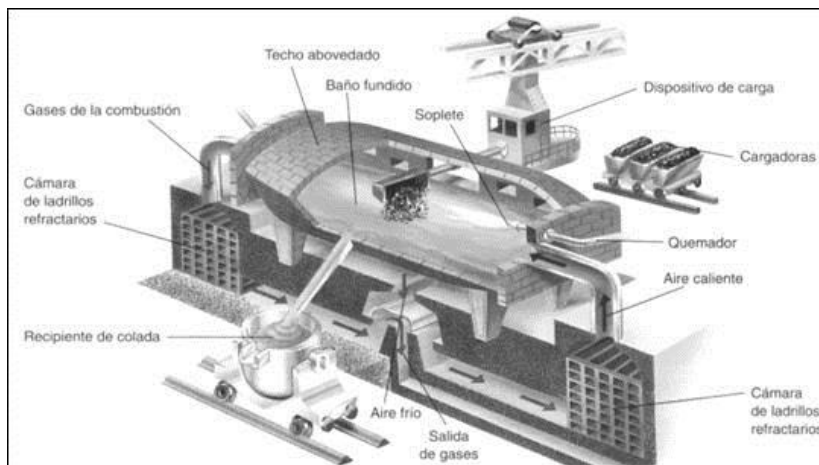


Figura 3

²http://www.monografias.com/trabajos82/siderurgia/siderurgia_image016.jpg

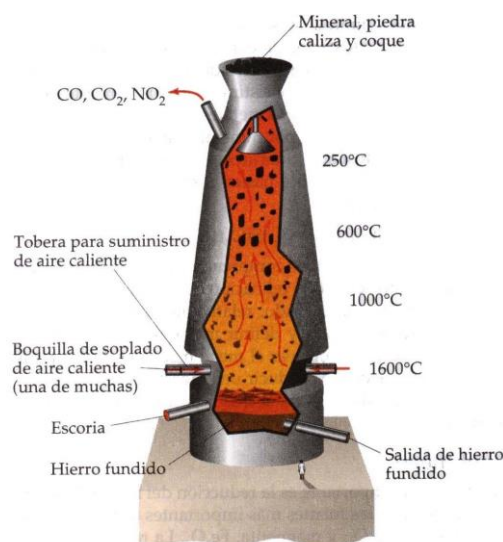
1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

d) Horno básico de oxígeno (BOF)³

Horno muy parecido al Bessemer con la gran diferencia que a este horno en lugar de inyectar aire a presión se le inyecta oxígeno a presión, con lo que se eleva mucho más la temperatura que en el Bessemer y en un tiempo muy reducido. El nombre del horno se debe a que tiene un recubrimiento de refractario de la línea básica y a la inyección del oxígeno. La carga del horno está constituida por 75% de arrabio procedente del alto horno y el resto es chatarra y cal. La temperatura de operación del horno es superior a los 1650°C y es considerado como el sistema más eficiente para la producción de acero de alta calidad. Este horno fue inventado por Sir Henry Bessemer a mediados de 1800, sólo que como en esa época la producción del oxígeno era cara se inició con la inyección de aire., el que ya fue descrito. Ver fig. 4

Horno básico de oxígeno

Figura 4



e) Horno de arco eléctrico

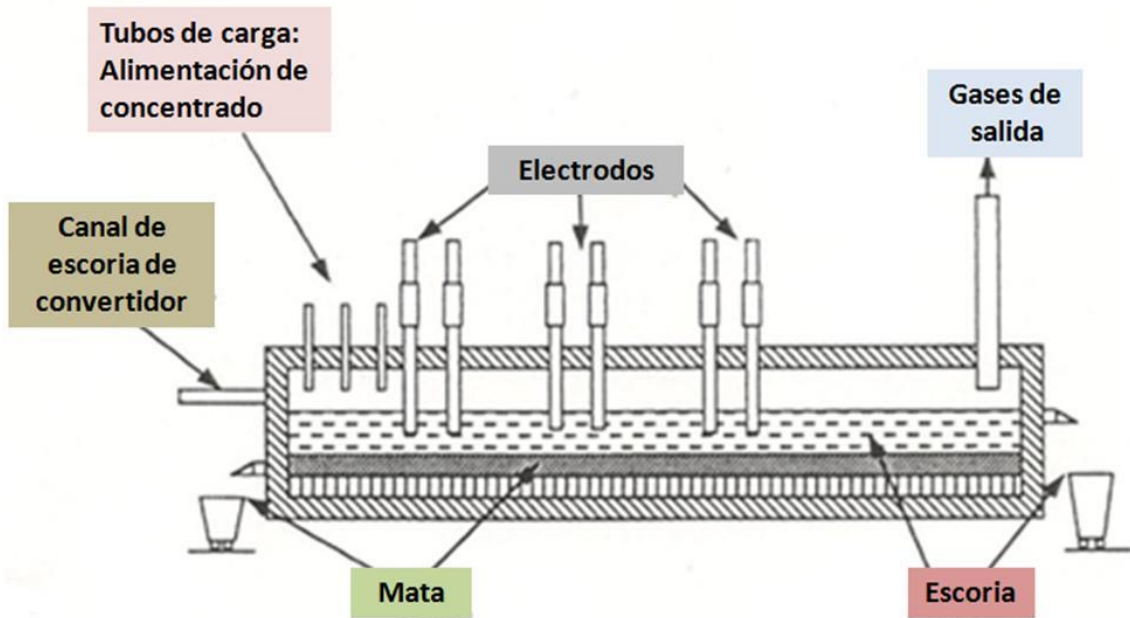
Se cargan con chatarra de acero de alta calidad. Son utilizados para la fusión de aceros para herramientas, de alta calidad, de resistencia a la temperatura o inoxidable. Considerando que estos hornos son para la producción de aceros de alta calidad siempre están recubiertos con ladrillos refractarios de la línea básica. Existen hornos de arco eléctrico que pueden contener hasta 270 toneladas de material fundido. Para fundir 115 toneladas se requieren aproximadamente tres horas y 50,000 kwh de potencia. También en estos hornos se inyecta oxígeno puro por medio de una lanza.

Los hornos de arco eléctrico funcionan con tres electrodos de grafito los que pueden llegar a tener 760mm de diámetro y longitud de hasta 12m. La mayoría de los hornos operan a 40v y la corriente eléctrica es de 12,000 A. Estos equipos tienen un crisol o cuerpo de placa de acero forrado con refractario y su bóveda es de refractario también sostenida por un cincho de acero, por lo regular enfriado con agua.

Para la carga del horno los electrodos y la bóveda se mueven dejando descubierto al crisol, en el que se deposita la carga por medio de una grúa viajera. Estos equipos son los más utilizados en industrias de tamaño mediano y pequeño, en donde la producción del acero es para un fin determinado, como varilla corrugada, aleaciones especiales, etc. Ver fig. 5

³<http://www.infoacero.cl/acero/hornos.htm>

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO



Horno de arco eléctrico

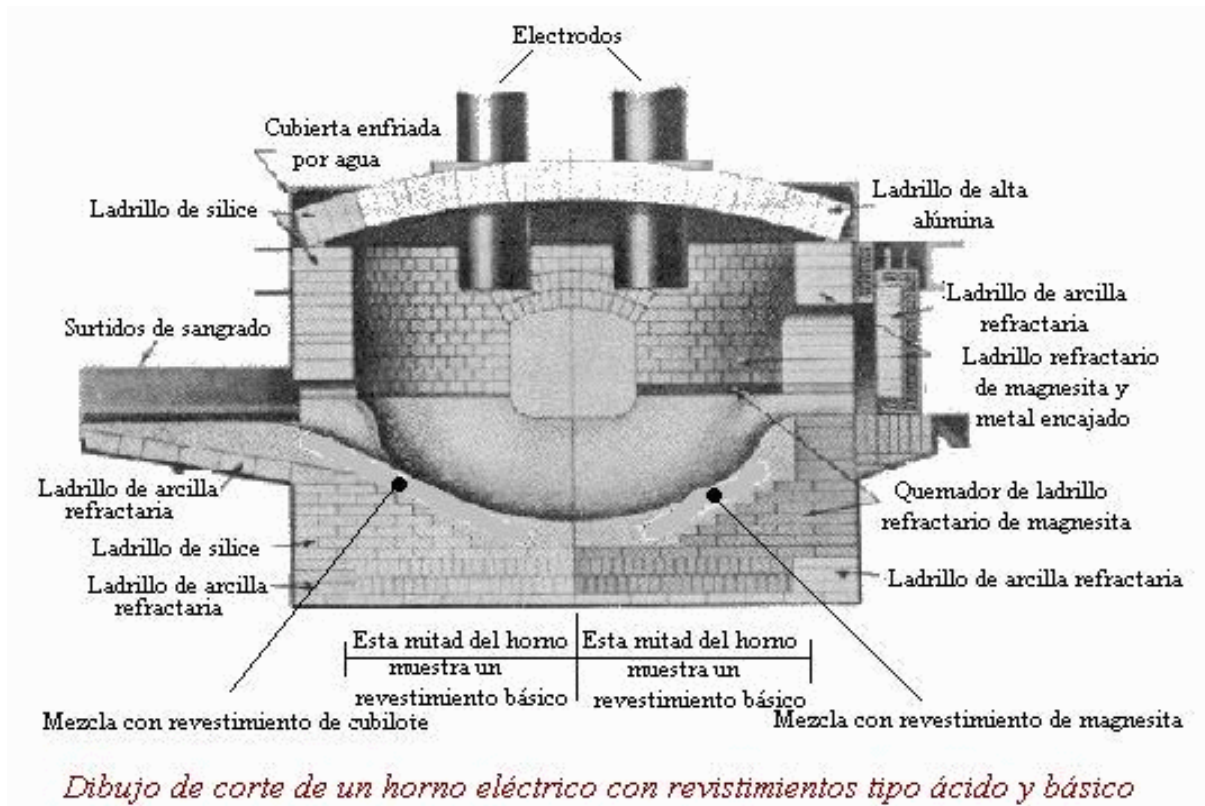


Figura 5

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

f) Horno de inducción⁴

Utilizan una corriente inducida que circula por una bobina que rodea a un crisol o recipiente en el cual se funde la carga. La corriente es de alta frecuencia y la bobina es enfriada por agua, la corriente es de aproximadamente 1000Hz, la cual es suministrada por un sistema de motogenerador. Estos hornos se cargan con piezas sólidas de metal, chatarra de alta calidad o virutas metálicas. El tiempo de fusión toma entre 50 y 90 min, fundiendo cargas de hasta 3.6 toneladas. Los productos son aceros de alta calidad o con aleaciones especiales. Ver fig. 6

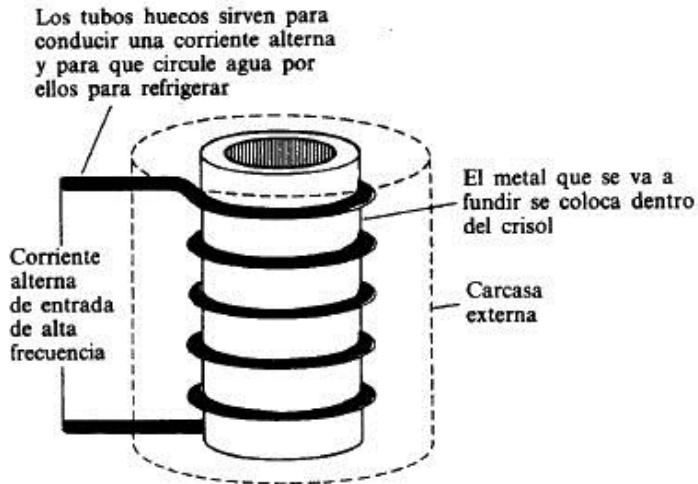


Figura 6

g) Horno de aire o crisol⁵

El proceso más antiguo que existe en la fundición, también se le conoce como horno de aire. Este equipo se integra por un crisol de arcilla y grafito, los que son extremadamente frágiles, los crisoles se colocan dentro de un confinamiento que puede contener algún combustible sólido como carbón o los productos de la combustión. Los crisoles son muy poco utilizados en la actualidad excepto para la fusión de metales no ferrosos, su capacidad fluctúa entre los 50 y 100 kg. Ver fig. 7

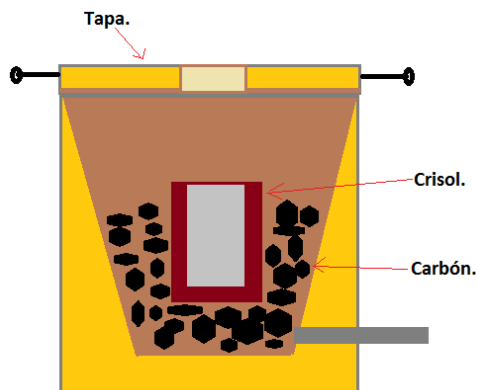


Figura 7

⁴<http://www.sapiensman.com/electrotecnia/imagenes2/horno%20de%20inducccion.jpg>

⁵<http://www.cienciadetraspatio.com/proyectos/hornoCarbon/imagenes/CrisolEnHorno.png>

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

Hornos de crisol para metales no ferrosos

Proceso del horno eléctrico.

El progreso de la electricidad permitió, hacia el año 1900, que el horno eléctrico se introdujera a escala industrial para fabricar acero (50 años después de los procesos de afino por soplado y por solera). El horno de arco calienta directamente el baño de acero por debajo de la escoria y consigue la alta temperatura necesaria de trabajo. Sin requerir la presencia de oxígeno en su atmósfera, el horno eléctrico ocupa una posición privilegiada para la fabricación de una amplia gama de calidades de aceros finos aleados, con elevados contenidos de elementos de aleación oxidables, tales como el carbono, vanadio y wolframio. El horno de tres electrodos ha alcanzado gran auge y perfeccionamiento, no sólo por la alta calidad del acero que se obtiene, sino también en muchos casos por ser competitivo con el proceso de afino por solera para cualquier calidad de acero; parece que continúa aumentando su importancia, incluso para la producción de grandes tonelajes, merced a la menor inversión necesaria o también cuando se dispone de energía eléctrica a coste inferior o similar a la caloría gas. Existen asimismo las dos variedades, básico y ácido, con los mismos fundamentos que en los procesos anteriores, pero con notable predominio del horno básico dadas las dificultades y fluctuaciones que experimenta el mercado para poder adquirir primeras materias suficientes para el trabajo ácido. El tamaño del horno es muy variable, desde 500 kg hasta 200 tm. Los más pequeños tienden a desaparecer; los de 5 tm y más se utilizan para el moldeo y aceros aleados, y las grandes unidades para la producción en serie de lingotes.

Normalmente trabajan con carga sólida; en algunas acerías lo hacen con carga de acero líquido en proceso duplex, conjunto de convertidor u horno de solera y horno eléctrico para el acabado. La carga de los grandes hornos es un factor determinante de su rendimiento; en general se ha adoptado la bóveda desplazable para carga por encima del horno abierto, con recipiente metálico de fondo de fácil abertura, o por otros rápidos procesos mecanizados. La marcha de la colada se inicia con la carga sólida de mineral, caliza o cal, según se disponga, chatarra y lingote de afino. La proporción de estos materiales dependerá del acero que se quiera fabricar y del análisis que convenga que tenga la carga fundida a la temperatura necesaria; para el afino oxidante, el mineral y las bataduras de laminación proporcionan el oxígeno que necesitan el silicio, manganeso, fósforo y carbono que contiene la carga; se introduce suficiente cal para que la escoria tenga la basicidad que requiere el fósforo para pasar a ella. En el horno eléctrico el aire de su atmósfera interior está en contacto con los electrodos de grafito, y su oxígeno es rápidamente consumido para mantener el equilibrio y conseguir la temperatura de régimen del horno. La escoria básica y oxidante contendrá el fósforo que fue oxidado durante el afino; se bascula el horno para facilitar el desescoriado. Eliminada la escoria, si la especificación de calidad del acero requiere adiciones de elementos aleables, la siguiente etapa es preparar una escoria reductora, añadiendo cal apagada y electrodos o coque triturados. En todo momento se pueden sacar muestras del baño para su análisis y ajustar los elementos aleados hasta que se cumpla la especificación pedida, y también regular la temperatura hasta que el baño esté a punto para colar.

Aunque con menor intensidad que en otros procesos de obtención de aceros, es necesaria la adición de desoxidantes en la cuchara.

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

1.5 Clasificación y aplicación del acero⁶

Existe una gran variedad en la forma de identificar y clasificar a los aceros. Sin embargo, la mayoría de los aceros utilizados industrialmente presentan una designación normalizada expresada por medio de cifras, letras y signos. Hay dos tipos de designaciones para cada tipo de material, una simbólica y otra numérica.

La designación simbólica expresa normalmente las características físicas, químicas o tecnológicas del material y, en muchos casos, otras características suplementarias que permitan su identificación de una forma más precisa.

Por otro lado, la designación numérica expresa una codificación alfanumérica que tiene un sentido de orden o de clasificación de elementos en grupos para facilitar su identificación. En este caso, la designación no tiene un sentido descriptivo de características del material.

En general, cuando se acomete el tema de hacer una clasificación de los aceros, ésta dará resultados diferentes según el enfoque que se siga. Así, se puede realizar una clasificación según la composición química de los aceros, o bien, según su calidad. También se pueden clasificar los aceros atendiendo al uso a que estén destinados, o si se quiere, atendiendo al grado de soldabilidad que presenten.

Normas de aplicación

Dada la gran variedad de aceros existentes, y de fabricantes, ha originado el surgir de una gran cantidad de normativa y reglamentación que varía de un país a otro.

Existen normas reguladoras del acero, con gran aplicación internacional, como las americanas AISI (American Iron and Steel Institute) y ASTM (American Society for Testing and Materials), las normas alemanas DIN, o la ISO 3506.

Clasificación del acero.⁷

Los aceros se pueden clasificar en función de varios criterios, esto da lugar a varias clasificaciones, la más utilizada de todas ellas es la clasificación en función del porcentaje de carbono disuelto:

El porcentaje de carbono disuelto en el acero condiciona las propiedades del mismo. Así cuanto mayor sea el porcentaje de carbono disuelto en el acero, éste presenta más dureza y más resistencia a la tracción. Teniendo esto presente es posible clasificar los aceros en tres grupos principales: aceros al carbono, aceros de baja aleación ultra resistentes y aceros aleados dentro de los cuales están los aceros inoxidables y aceros para herramientas.

a) Aceros al carbono: El 90% de los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen una cantidad diversa de carbono, menos de un 1,65% de manganeso, un 0,6% de silicio y un 0,6% de cobre. Ver tabla 1

⁶<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>

⁷http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1092/html/4_formas_comerciales.html

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

Nombre del acero	% de carbono	Resistencia a tracción (kg/mm ²)
Extrasuave	0,1 a 0,2	35
Suave	0,2 a 0,3	45
Semis suave	0,3 a 0,4	55
Semiduro	0,4 a 0,5	65
Duro	0,5 a 0,6	75
Extraduro	0,6 a 0,7	85

Tabla 1

b) Aceros de baja aleación ultra resistentes. Es la familia de aceros mas reciente de las tres. Estos aceros son más baratos que los aceros convencionales debido a que contienen menor cantidad de materiales costosos de aleación. Sin embargo, se les da un tratamiento especial que hace que su resistencia sea mucho mayor que la del acero al carbono. Este material se emplea para la fabricación de vagones porque al ser más resistente, sus paredes son más delgadas, con lo que la capacidad de carga es mayor.

Además, al pesar menos, también se pueden cargar con un mayor peso. También se emplea para la fabricación de estructuras de edificios.

Se consideran aceros de baja aleación a aquellos en los cuales el porcentaje de elementos químicos que forman el acero no supera el valor indicado en la siguiente tabla: Ver tabla 2

Contenido límite para aceros de baja aleación	
Elemento	Contenido
Aluminio	0,10
Bismuto	0,10
Boro	0,0008
Cobalto	0,10
Cobre	0,40
Cromo	0,30
Manganeso	1,60
Molibdeno	0,08
Novio	0,05
Níquel	0,30
Plomo	0,40
Silicio	0,60
Titanio	0,05
Vanadio	0,10
Volframio	0,10
Lantánidos	0,05

Tabla 2

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

c) **Aceros aleados** son aquellos aceros que tienen mayor porcentaje de los indicados en la tabla anterior y por lo tanto son requeridos para utilizaciones especiales. Ver tabla 3

Serie	Grupo	Propiedades /Aplicaciones
Finos para construcción.	1. Finos al carbono. 2 y 3. Aleados de gran resistencia. 4. Aleados de gran elasticidad. 5 y 6. De cementación. 7. De nitruración.	Propiedades: No aleados, más duros cuanto más carbono, pero resisten mejor los choques. Aplicaciones: en construcción
Para usos especiales.	1. De fácil mecanización. 2. De fácil soldadura. 3. Con propiedades magnéticas. 4. Con dilatación térmica especial. 5. Resistentes a la fluencia.	Propiedades: Son aceros aleados o tratados térmicamente. Aplicaciones: 1 y 2. Tortillería, tubos y perfiles. 3. Núcleos de transformadores y motores eléctricos. 4. Uniones entre materiales distintos sometidos a elevadas temperaturas. 5. Instalaciones químicas y refinerías.
Resistentes a la oxidación y la corrosión.	1. Inoxidables. 2 y 3. Resistentes al calor.	Propiedades: Las debidas a la adición de cromo y níquel. Aplicaciones: 1. Cuchillería, máquinas hidráulicas, instalaciones sanitarias, piezas en ambientes corrosivos. 2 y 3. Hornos, piezas de motores de explosión, en general piezas sometidas a corrosión y temperatura.
Para herramientas.	1. Al carbono. 2,3 y 4. Aleados para herramientas. 5. Rápidos.	Propiedades: Aceros aleados y sometidos a tratamientos térmicos, dureza, tenacidad, resistencia al desgaste y a la deformación por calor. Aplicaciones: 1. Maquinaria de trabajos ligeros, carpintería y agrícola. 2, 3 y 4. Para maquinaria de trabajos más pesados. 5 Para trabajos de desbaste y mecanización rápida.
De moldeo.	1. De usos generales. 2. de baja radiación. 3. De moldeo inoxidables.	Propiedades: Maleables, para poder ser vertidos en moldes de arena. Aplicaciones: Piezas de forma geométrica tortuosa, solo se distinguen de los demás aceros por su moldeabilidad

Tabla 3

Ejemplos:

Aceros inoxidables. Estos aceros contienen cromo, níquel, y otros elementos de aleación que los mantiene brillantes y resistentes a la oxidación. Algunos aceros inoxidables son muy duros y otros muy resistentes, manteniendo esa resistencia durante mucho tiempo a temperaturas extremas. Debido a su brillo, los arquitectos lo emplean mucho con fines decorativos. También se emplean mucho para tuberías, depósitos de petróleo y productos químicos por su resistencia a la oxidación y para la fabricación de instrumentos quirúrgicos o sustitución de huesos porque resiste a la acción de los fluidos corporales.

Además se usa para la fabricación de útiles de cocina, como pucheros, gracias a que no oscurece alimentos y es fácil de limpiar.

Aceros de herramientas. Estos aceros se emplean para fabricar herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas. Contiene wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación que le proporcionan una alta resistencia, dureza y durabilidad.

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL HIERRO Y DEL ACERO

Fuentes de Información

a) Páginas web

¹ <http://www.catedu.es/tecnologiautrillas/materiales/web3.htm>

² http://www.monografias.com/trabajos82/siderurgia/siderurgia_image016.jpg

³ <http://www.infoacero.cl/acero/hornos.htm>

⁴ <http://www.sapiensman.com/electrotecnia/imagenes2/horno%20de%20induccion.jpg>

⁵ <http://www.cienciadetraspacio.com/proyectos/hornoCarbon/imagenes/CrisolEnHorno.png>

⁶ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>

⁷ http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1092/html/4_formas_comerciales.html