

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	1 / 25

UNIDAD TEMÁTICA N°4

“METALES”

1. CLASIFICACIÓN DE LOS METALES

Los metales, desde el punto de vista tecnológico y de sus aplicaciones en ingeniería, se pueden clasificar en:

- Metales Ferrosos:
 - Aceros
 - Fundiciones
- Metales No Ferrosos:
 - Aluminio y sus aleaciones
 - Cobre y sus aleaciones
 - Plomo
 - Zinc
 - Estaño

Los metales difícilmente se encuentran en estado puro en la naturaleza, sino combinados químicamente con otros elementos formando compuestos como óxidos, silicatos, carbonatos, etc, que reciben el nombre de **minerales**. A su vez, en los yacimientos naturales estos minerales metalíferos aparecen mezclados con impurezas inútiles para su explotación, llamadas **gangas**.

Para la obtención de los metales a partir de las materias primas (minerales), existen diversos procesos, dentro de los cuales podemos citar:

- Procesos termoquímicos
- Fusión
- Procesos electrolíticos

Una vez obtenidos los metales, los procesos de manufactura de los diversos elementos o piezas metálicas pueden ser de variada índole, a saber:

- Colado o vaciado:
 - Moldes de arena
 - Moldes permanentes
 - Por inyección
 - Moldeo de precisión
- Laminación
- Forjado
- Extrusión
- Trafilación
- Estirado

2. METALES FERROSOS

2.1 Generalidades

El hierro no se utiliza prácticamente en estado puro, pero los metales ferrosos son sin duda los más importantes y difundidos. Estos metales contienen hierro como componente principal, una proporción variable de carbono y, eventualmente, otros elementos accesorios.

Podemos dividir este gran grupo de materiales en dos tipos principales: aceros y fundiciones. Ambos son aleaciones Fe-C y la diferencia principal reside en el contenido de carbono, el cual incide sobre las propiedades de los mismos:

- Aceros: contenido de carbono inferior al 1.7%
- Fundiciones: contenido de carbono superior al 1.7%

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	2 / 25

Los minerales más utilizados para la elaboración de los metales ferrosos son, en orden de importancia, los siguientes:

- Magnetita (Fe_3O_4)
- Hematita roja (Fe_2O_3)
- Hematita parda ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Siderita (CO_3Fe)

El conjunto de operaciones que se realizan para separar un metal del mineral que lo contiene se llama **metalurgia** de ese metal. La metalurgia de los metales ferrosos o **siderurgia** se realiza en los llamados **altos hornos**, consistentes en grandes estructuras metálicas de acero revestidas interiormente con ladrillos refractarios muy resistentes al calor, los cuales son cargados con los siguientes elementos:

- Mineral de hierro.
- Combustible (carbón mineral, carbón vegetal, coque, etc).
- Fundente, que tiene la función de combinarse con la ganga del mineral de hierro para eliminar las impurezas.

El proceso se desarrolla en forma continua, ingresando los materiales mencionados por el extremo superior del alto horno llamado tragante; mineral, combustible y fundente se van incorporando en capas sucesivas. El combustible entra en combustión gracias a la presencia de aire que se insufla por las toberas (orificios situados en la parte inferior) y produce la **reducción** del óxido de hierro presente en el mineral dando como resultado el **hierro metálico**. Paralelamente se produce la reacción entre el fundente y las impurezas del mineral formando las **escorias**.

La temperatura va en aumento a medida que los materiales descienden a través del alto horno, alcanzando los 1500°C en la parte inferior del horno, llamada *crisol*. A esa temperatura tanto el hierro metálico como las escorias se encuentran fundidos (en estado líquido) y el menor peso específico de las escorias hace que éstas sobrenaden por encima del hierro. Esto permite extraer del horno separadamente la escoria y el hierro fundido o **arrabio**, en un proceso que se denomina **colada**.

El arrabio fluye en estado líquido y se vuelca en moldes llamados lingoteras, o bien en vagones térmicos que lo trasladan a las acerías para convertirlo en **acero**.

El proceso primario de la siderurgia finaliza entonces con la obtención del arrabio que podríamos considerar como hierro "en bruto", ya que es hierro con un 10% de otros elementos, siendo su composición química aproximada la siguiente:

- 90 a 93% de Fe
- 2 a 6% de C
- porcentajes variables de fósforo (P), silicio (Si), azufre (S) y manganeso (Mn)

Composición que hace del arrabio un material sumamente frágil que no puede soldarse ni trabajarse con facilidad, siendo los principales componentes perjudiciales el P y el S.

Además del proceso empleado en los altos hornos existe otro proceso llamado de **reducción directa** (fabricación de hierro esponja), que consiste en utilizar una corriente de hidrógeno para reducir el óxido de hierro de los minerales **directamente** a hierro metálico, que se obtiene como un aglomerado poroso con el aspecto de una esponja. Este hierro esponja se destina, al igual que el arrabio, al proceso posterior en las acerías.

A partir del arrabio obtenido en el alto horno se obtienen **fundiciones** o **aceros** mediante el control más ajustado de su composición química.

Por su parte las escorias, que se han citado precedentemente, pueden tener diversas características en función del tipo de enfriamiento a que son sometidas. Si éste es lento, se forma un material de estructura sumamente porosa, que es la llamada **escoria blanca**, la cual puede ser utilizada como agregado liviano para hormigones; por el contrario si el enfriamiento es brusco (por inmersión en agua) se forma la llamada **escoria granulada** la cual también puede ser utilizada como agregado en morteros y hormigones, pero su propiedad más importante radica en que si es molida a una finura similar a la del cemento,

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	3 / 25

tiene propiedades aglomerantes latentes, y por ende puede ser utilizada en reemplazo parcial de estos.

La obtención de los aceros se realiza en las **acerías** a partir de una o más de las siguientes materias primas:

- Arrabio
- Hierro esponja
- Chatarra
- Mineral de hierro
- Fundentes

Las operaciones de transformación se realizan en distintos tipos de hornos en las cuales se produce la fusión de las materias primas y su afino hasta obtener el control exacto de la composición química. Los hornos más comunes, y en orden de evolución histórica son los siguientes:

- Hornos al convertidor:
 - Sistema Bessemer
 - Sistema Thomas
- Hornos Siemens-Martins
- Hornos L-D
- Hornos eléctricos

Con el nombre de **acero** se designa a los metales ferrosos **compuestos básicamente por hierro y carbono, éste último en un porcentaje no superior al 1.7%**, ya que por encima de ese valor el material se considera una fundición, aunque el límite no es absolutamente preciso. Son los materiales metálicos más usados y, de hecho, todos los materiales que familiarmente llamamos **hierro** o "**fierro**" son realmente **aceros**. El 90% del arrabio producido en los altos hornos se convierte en diferentes tipos de aceros.

El acero más conocido es el llamado **acero dulce** o hierro dulce, que contiene muy poco carbono (menos del 0.15%) y está exento de otros elementos. Con él se elaboran alambres, barras, perfiles, caños, planchuelas, chapas y una infinidad de elementos. Es un metal blanco grisáceo, aunque su coloración cambia rápidamente a oscura por la oxidación superficial que se produce al contacto con el aire. Es muy dúctil y maleable, lo que lo hace muy fácil de elaborar (tanto en frío como en caliente) y es el más tenaz de los metales.

A medida que aumenta el contenido de carbono un acero aumenta su resistencia mecánica y su dureza pero, como contrapartida, aumenta también la fragilidad del mismo. Tenemos así los aceros duros (contenido de carbono de 0.15 a 0.30%) y muy duros (contenido de carbono superior al 0.6%). También se los llama **aceros al carbono**, para diferenciarlos de aquellos **aceros aleados** o especiales, que poseen otros componentes que les dan propiedades características.

En las acerías los aceros obtenidos se vierten fundidos en moldes llamados lingoteras donde se solidifican parcialmente. Todavía en caliente se los somete a procesos de laminado (pasos sucesivos a través de rodillos que mediante presión les van dando la forma deseada). En una primera etapa se obtienen productos intermedios llamados **desbastes planos** (planchones de gran espesor), **tochos** y **palanquillas** (barras de sección cuadrada o rectangular).

El proceso de laminado continúa sobre estos productos para obtener:

- chapas planas: en hojas rectangulares (espesores máximos de 2 pulgadas o 50 mm) o en bobinas de gran longitud.
- chapas conformadas: acanaladas de perfil ondulado, trapezoidal, etc.; habitualmente reciben a posteriori un tratamiento de protección metálica (galvanizado).
- perfiles de sección normalizada: perfiles "doble T", "U", "L", "T", etc.; son barras cuya sección transversal (o perfil) tiene un diseño característico pensado para

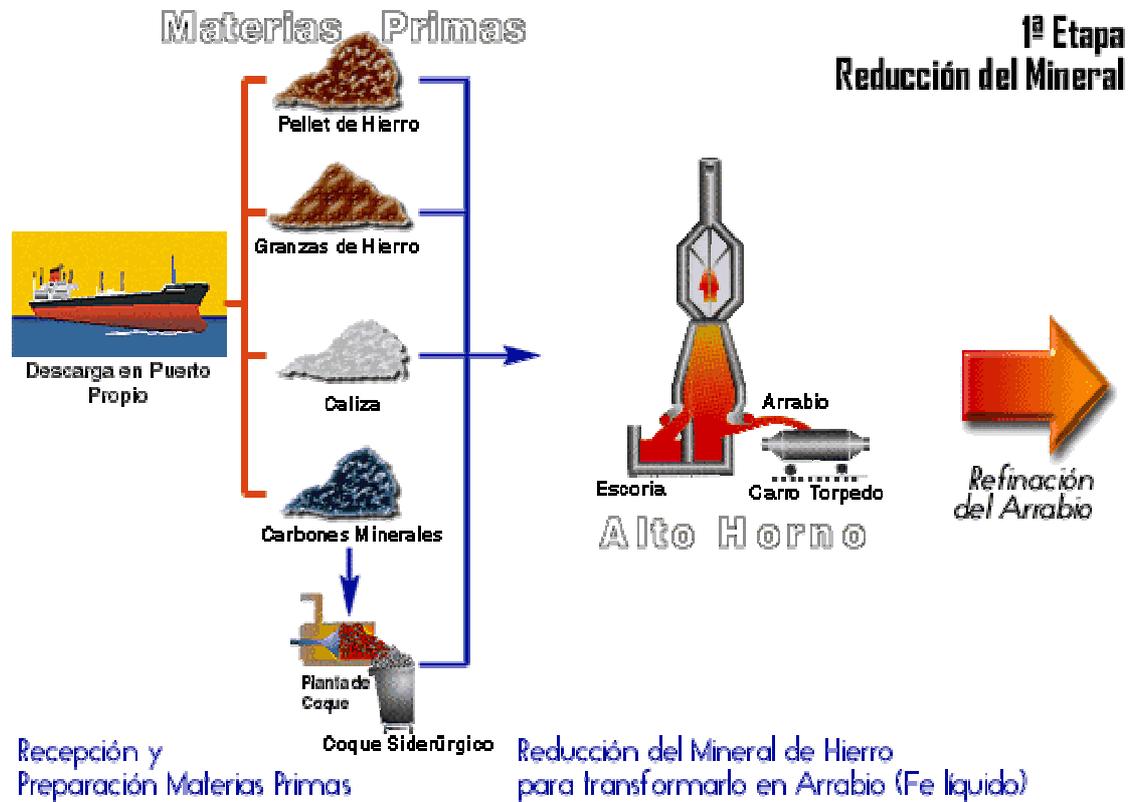
	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	4 / 25

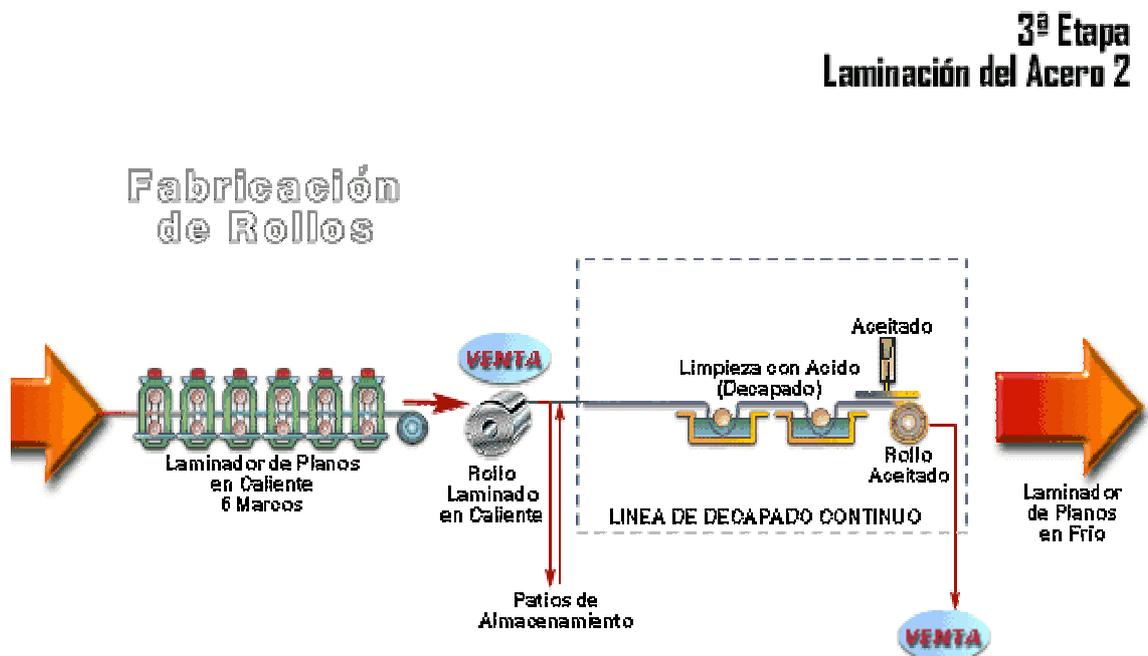
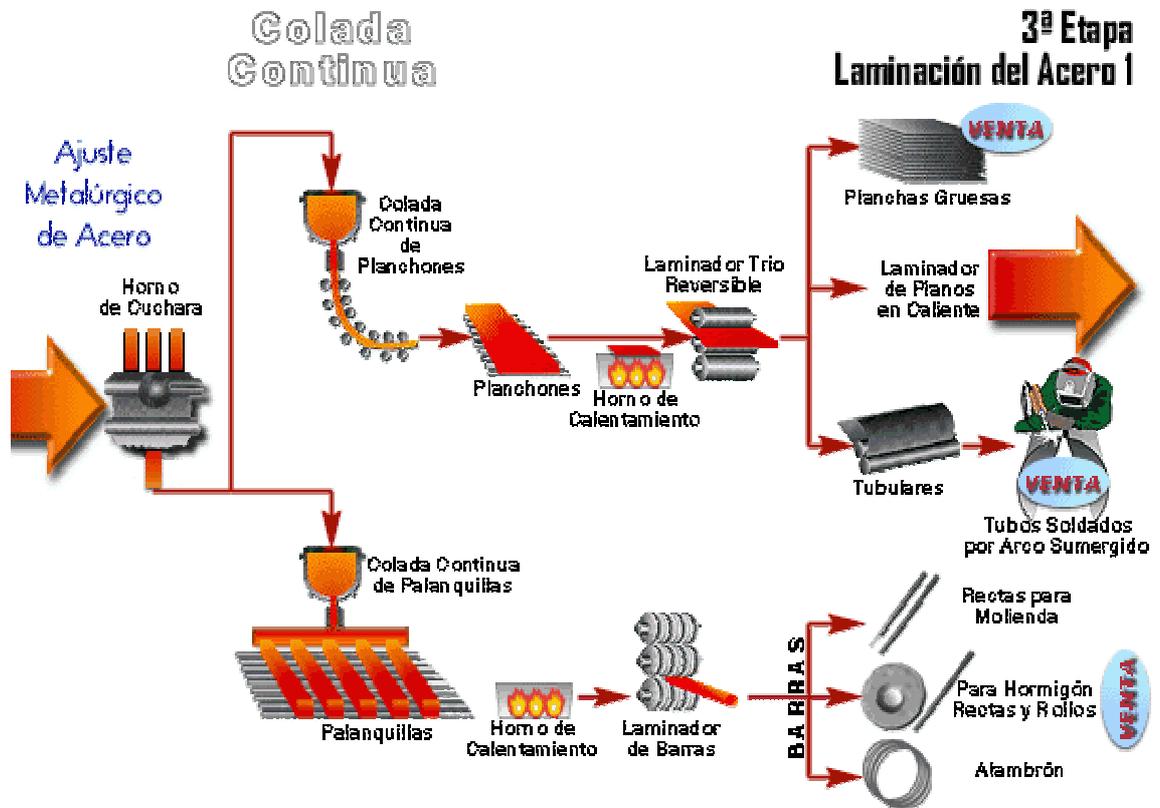
obtener un óptimo funcionamiento en distintas aplicaciones, ya que brindan excelente rigidez a la flexión, a la compresión, etc.

- barras redondas y cuadradas.
- planchuelas: son barras de sección rectangular cuyas medidas se especifican normalmente en múltiplos y submúltiplos de pulgadas.
- tubos y caños: con diferentes espesores de pared para los distintos diámetros; existen una gran variedad de estos caños según el proceso de fabricación, el destino que van a tener (estructuras, conducción de fluidos), etc.

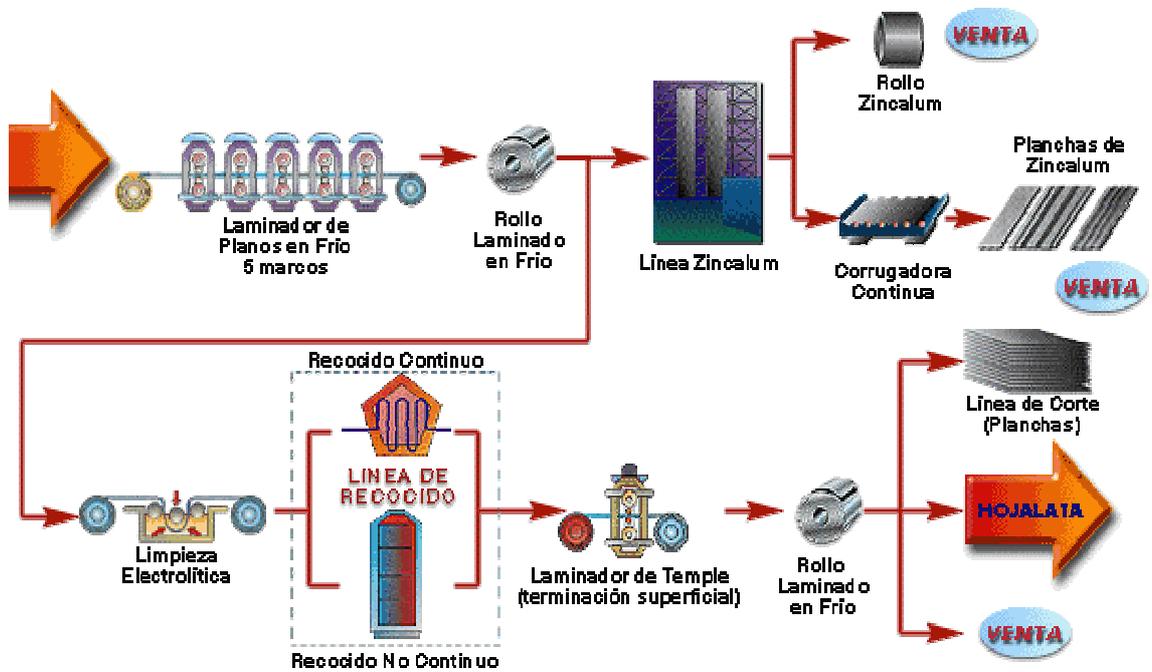
Además de estos productos obtenidos por laminación existe una infinidad de productos y accesorios de acero tales como mallas y tejidos, clavos, tornillos, grampas, herrajes, etc.

3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACEROS

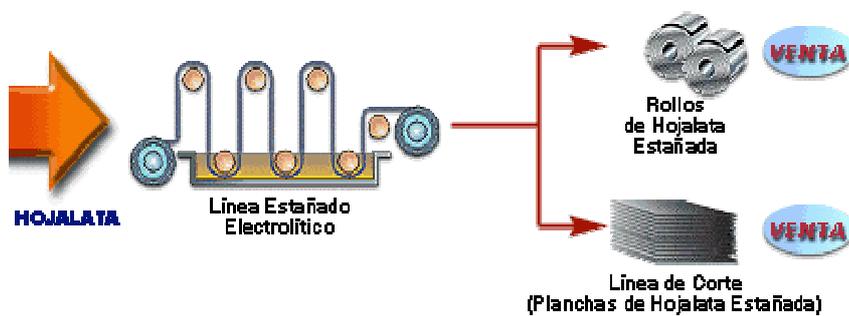




3ª Etapa Laminación del Acero 3



3ª Etapa Laminación del Acero 4



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	8 / 25

4. FUNDICIONES

Las fundiciones (metales ferrosos con un contenido de carbono elevado, mayor de 1.7%) reciben su nombre por el hecho de que siendo muy difíciles de trabajar, sólo pueden emplearse mediante fusión y colada del material (se vierte el material fundido en un molde que tiene la forma de la pieza que se desea obtener, donde se solidifica). El proceso de fabricación de las fundiciones se realiza en los llamados *hornos de cubilotes*, y la velocidad con que se solidifique el metal fundido hace que el carbono presente se combine de distinta manera con el hierro, dando lugar a los dos tipos diferentes de fundición: fundición blanca y fundición gris.

- la **fundición blanca**: tiene un color gris brillante, es muy dura, difícil de perforar y limar; se obtiene cuando el enfriamiento es rápido. Dados estos inconvenientes, la fundición tiene muy pocas aplicaciones directas, aunque se la emplea en las acerías para elaborar aceros a partir de ella. Si se la somete a un tratamiento térmico se puede obtener la fundición maleable, que presenta una aceptable maleabilidad.
- la **fundición gris**: resulta de un enfriamiento más lento, es de color más oscuro, es relativamente más blanda, se lima y se perfora bastante bien y es menos quebradiza que la fundición blanca. El contenido de carbono varía entre un 2.5 y un 5% de carbono (al aumentar el contenido de carbono aumenta la dureza y la resistencia al desgaste, pero aumenta la fragilidad). Con la fundición gris se elaboran piezas por colada, tratando de reducir al mínimo las operaciones posteriores de maquinado por la dificultad que presenta para ser trabajada.

Existen **fundiciones especiales** que poseen formulaciones (adición de Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, etc.) o tratamientos térmicos adecuados para fines específicos.

Las **fundiciones nodulares**, son aquellas en las que el grafito solidifica en forma de pequeñas esferas, gracias a la adición de elementos tales como el cerio y el magnesio, con lo cual aumenta considerablemente su resistencia a la tracción.

5. ACEROS ESPECIALES O ALEADOS

Estos aceros, además de carbono, tienen otros elementos en porcentajes de hasta el 50%, según los casos, que les otorgan propiedades particulares. Entre los más usados se cuentan:

- **aceros al níquel**: con 5 a 15% de níquel, son sumamente elásticos y resistentes a los agentes atmosféricos.
- **aceros al cromo**: un 10 a 20% de cromo confiere una considerable dureza y una mayor resistencia a la corrosión.
- **aceros al cromo-níquel**: asociando ambos elementos se combinan las ventajas indicadas, resultando un acero no muy duro pero sí elástico, con la ventaja adicional de ser inoxidable. El llamado habitualmente **acero inoxidable**, empleado en utensilios, mesadas y recipientes, es un acero con 18% de cromo y 8% de níquel.
- **aceros rápidos** o de alta velocidad: incorporan cromo con porcentajes variables de wolframio (tungsteno), molibdeno, vanadio o titanio, con una excelente resistencia al desgaste y elevada dureza, aún a elevadas temperaturas, por lo que se los emplea en herramientas para trabajar otros metales o materiales duros (tornos, sierras, taladros, etc).

5.1 Clasificación de los aceros según SAE

Esta clasificación muy usada en metalurgia, establece para identificar un acero, un número de 4 o 5 cifras:

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	9 / 25

AB(B*)CD

Donde:

- A indica si el acero es aleado o no:
 - A=1 : Acero al carbono
 - A=2 : Acero al Níquel
 - A=3: Acero al Cromo-Níquel
 - A=4: Acero al Molibdeno
 - A=5: Acero al Cromo
 - A=6: Acero al Vanadio
 - A=7: Acero al Tugsteno
 - A=9 : Acero al Siliceo-Manganeso
- B indica el porcentaje en que interviene la aleación, si este porcentaje es mayor al 10% el número identificador del acero será de 5 cifras (ABB*CD)
- CD indica el porcentaje de carbono que tiene el acero en décimas y centésimas

Esta clasificación no siempre cumple rigurosamente con lo indicado precedentemente, y a veces toma numeraciones arbitrarias para indicar algún tipo de acero.

5.1.1 Ejemplos:

Acero 1010 Acero al Carbono con 0.10% de C

Acero 2325 Acero al Níquel con 3% de Ni y 0.25% de C

5.2 Tratamientos térmicos de los aceros

Son procedimientos, a que se someten los metales, de calentamientos y enfriamientos controlados que tienen por objeto conseguir variar la estructura cristalina y obtener así propiedades especiales como por ejemplo mayor dureza, mayor resistencia, mejorar la ductilidad, etc.

- el **templado**: consiste en someter a los metales a una temperatura por encima de un punto denominado crítico y luego enfriar bruscamente por inmersión en agua, aceites o soluciones acuosas de ciertas sales. Este procedimiento produce cambios en la estructura cristalográfica de los metales, lo cual redundará en un aumento de la dureza y la resistencia mecánica, pero con una sensible disminución de la ductilidad y la resistencia a los impactos. El templado puede ser superficial o profundo, y puede variar de acuerdo al tipo de baño de inmersión, su duración y la diferencia de temperaturas.
- el **recocido**: es el proceso inverso del templado y consiste en someter al metal a una temperatura superior a la del punto crítico y a la de templado y luego dejar enfriar lentamente. Se practica el recocido dentro de túneles con los artículos avanzando a contracorriente con aire. Con el recocido se pierde dureza pero se recupera ductilidad, eliminándose los efectos de tratamientos térmicos anteriores o de tratamientos mecánicos en frío (estirado, torsionado, etc).
- el **revenido** es un tratamiento intermedio consistente en someter al metal a una temperatura inferior a la crítica y luego enfriar a velocidad controlada. De esta manera se consiguen eliminar algunos efectos del templado como ser la fragilidad, las tensiones internas, etc, conservándose la dureza y la resistencia mecánica.

Los procedimientos citados precedentemente son tratamientos térmicos propiamente dichos, existiendo otros tratamientos denominados termoquímicos donde no sólo se producen procesos de calentamiento y enfriamiento, sino que además se generan procesos químicos con aporte de diversas sustancias. Estos procedimientos generalmente son utilizados para mejorar características superficiales como la dureza y los más comunes son: la cementación, la nitruración y la cianuración.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	10 / 25

5.3 Tratamiento de superficies metálicas

Como se ha dicho, los aceros no poseen una adecuada resistencia a la oxidación y a la corrosión. Una manera de superar esta desventaja (además de la aplicación de pinturas), consiste en la aplicación de recubrimientos metálicos en su superficie, con metales que sí posean esa propiedad. Entre los procedimientos más importantes de este tipo tenemos:

- **electrodeposición:** consiste en la formación de una delgadísima capa metálica sobre el material base a través de un proceso electroquímico. La pieza a tratar se sumerge en un baño de compuestos que contienen el metal a aplicar (estaño, cromo, níquel) y mediante la aplicación de corrientes eléctricas este metal se deposita sobre la pieza (generalmente de acero). Así se realizan el *cromado* y el *níquelado*.
- **depósitos químicos:** en este caso el depósito no se produce por la acción de una corriente eléctrica sino por una reacción química directa entre el baño y la pieza a tratar.
- **inmersión en caliente:** como su nombre lo indica, el material base a tratar se sumerge en un baño del metal a aplicar en estado líquido (fundido) que generalmente tiene un bajo punto de fusión, tales como el estaño, el plomo y el cinc. Los espesores de recubrimiento son relativamente elevados. Así se produce el *galvanizado* (aplicación de baño de cinc sobre acero común) y la *hojalata* (baño de estaño sobre acero).

5.4 Conformación mecánica de aceros

La conformación de los aceros para brindar las formas comerciales deseadas puede darse a través de distintas operaciones, las cuales se indican en el cuadro correspondiente (laminado, forjado, etc). Estos procedimientos pueden ser realizados en caliente o en frío. En el primer caso, donde el acero es sometido a una temperatura de 1200°C aproximadamente para producirse la conformación, luego es enfriado lentamente. En este caso el acero conserva las mismas propiedades que antes de la conformación.

Por el contrario, cuando el proceso de conformación se hace en frío (a temperatura ambiente), se producen dislocaciones en la estructura cristalina del acero las cuales originan modificaciones en las propiedades mecánicas de los aceros, ya que se produce un aumento en la resistencia a tracción y una disminución en la ductilidad de los mismos. Un proceso típico de este tipo de conformación mecánica es el procedimiento de estirado y torsionado en frío que se realiza en un tipo de barras para hormigón armado.

6. PROPIEDADES DE LOS ACEROS

Los requisitos que deben cumplir los aceros modernos para su empleo en estructuras son principalmente los siguientes:

- Homogeneidad estructural
- Elevada resistencia mecánica
- Resistencia a la corrosión
- Soldabilidad.

La homogeneidad estructural se refiere a la eliminación de oquedades, segregaciones, inclusiones gaseosas o de escorias, porosidades, etc, debiendo poseer el acero una retícula cristalina regular.

En lo atinente a la resistencia mecánica, la misma se explicará en los puntos sucesivos.

La resistencia a la corrosión es una propiedad muy importante sobre todo en aceros empleados en estructuras sometidas a la acción de ambientes agresivos.

Por su parte la soldabilidad, la misma debe ser tal que garantice la continuidad estructural de las zonas de unión y su resistencia a los diferentes esfuerzos.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	11 / 25

6.1 Propiedades mecánicas de los metales

A los fines del estudio de las propiedades mecánicas de piezas metálicas conviene caracterizar a los esfuerzos según su naturaleza, a saber:

- Esfuerzos estáticos
- Esfuerzos dinámicos o de choque:
 - Esfuerzos de impacto o de choque:
 - Flexión por choque
 - Tracción por choque
 - Esfuerzos repetidos o de fatiga:
 - Intermitentes
 - Alternados
 - Oscilantes
- Efecto creep

Obviamente las propiedades mecánicas de los metales, y en particular, de los aceros se evalúan a través de ensayos.

6.2 Propiedades mecánicas de los aceros

Desde la perspectiva del uso de los aceros en ingeniería civil, una de las propiedades más importantes lo constituyen las propiedades mecánicas, es decir, las propiedades que se relacionan con el comportamiento de los mismos ante la acción de fuerzas que los solicitan.

Obviamente las propiedades mecánicas de los metales, y en particular, de los aceros se evalúan a través de ensayos. Los principales ensayos que se efectúan, según los casos, sobre los aceros son los siguientes:

- Ensayo de resistencia a la tracción
- Ensayo de compresión
- Ensayo de flexión estática
- Ensayo de corte o cizallamiento
- Ensayo de torsión
- Ensayo de dureza
- Ensayos dinámicos o de choque (tracción y flexión por choque)
- Ensayos de fatiga o de esfuerzos repetidos
- Ensayos de efecto Creep

6.2.1 Ensayo de resistencia a la tracción estática

No obstante todos los ensayos citados precedentemente, en general para su uso estructural en ingeniería civil, interesa particularmente la resistencia a los esfuerzos de tracción.

Cuando se somete una pieza de acero dulce (de bajo contenido de carbono) a un ensayo de tracción se aprecia un comportamiento elástico hasta cierto límite (es decir un comportamiento caracterizado por deformaciones que son proporcionales a la carga aplicada y que desaparecen al eliminar la misma). Superado ese límite, para el cual las deformaciones (estiramiento) no llegan al 1%, se produce un fenómeno conocido como fluencia, que consiste en la aparición de deformaciones muy importantes (varias veces superiores a las elásticas) sin un aumento correspondiente de la carga. Superado este período de fluencia el material vuelve a tomar carga aumentando las deformaciones a medida que aumenta la carga, aunque ya no de manera proporcional (las deformaciones son cada vez más importantes, hasta alcanzar la rotura). Resumiendo el proceso, tenemos las siguientes etapas:

- 1) etapa de **comportamiento elástico**: las deformaciones son proporcionales a las cargas.
- 2) se alcanza el **límite de fluencia**: las deformaciones aumentan considerablemente sin aumento de la carga.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	12 / 25

- 3) etapa final: las deformaciones aumentan cada vez más al aumentar la carga, hasta la **rotura**.

Si bien las tensiones de rotura son muy superiores a las de fluencia (casi el doble), en la práctica el material nunca debe alcanzar el límite de fluencia por que se producirían deformaciones excesivas que en general no son aceptables. Por lo tanto, por encima del límite de fluencia que es el límite práctico para el aprovechamiento del material queda todavía un amplio margen para absorber cargas, aunque con deformaciones importantes.

Esta característica típica de los aceros con bajo contenido de carbono (la de tener un escalón de fluencia) que se comenta aquí para la resistencia a la tracción, se presenta también para todos los otros tipos de esfuerzo (corte, compresión, flexión, etc).

En los aceros con mayor contenido de carbono este escalón de fluencia es menos notorio, hasta hacerse casi imperceptible para los aceros más "duros". De este modo, al aumentar el contenido de carbono, si bien se gana en resistencia se pierde en la deformabilidad del acero y, consecuentemente, en la facilidad para elaborarlo. Para este tipo de acero se establece un límite de fluencia convencional: la carga que corresponde a una deformación especificada (generalmente el 0.2%).

Diagramas de ensayo

El comportamiento de los aceros, descrito precedentemente, puede apreciarse con claridad, a través de los diagramas de ensayos.

Estos diagramas representan en general la evolución de las deformaciones en función de las cargas aplicadas (Diagramas P/Δ).

Diagrama Carga-Deformación (P/Δ) para metales dúctiles

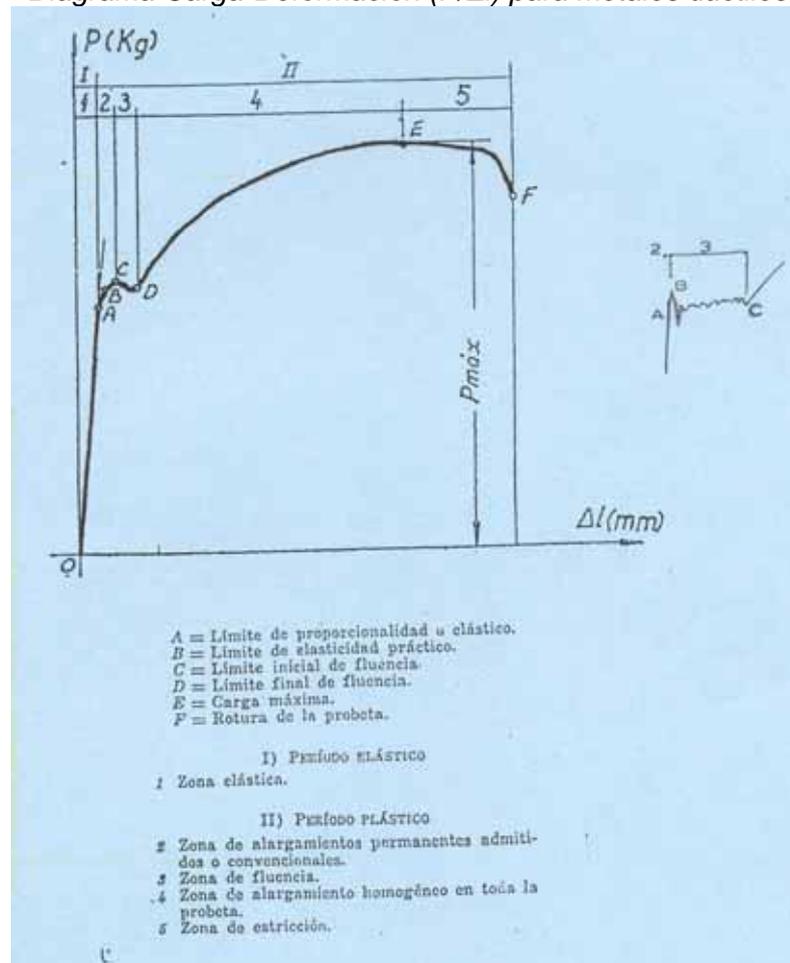
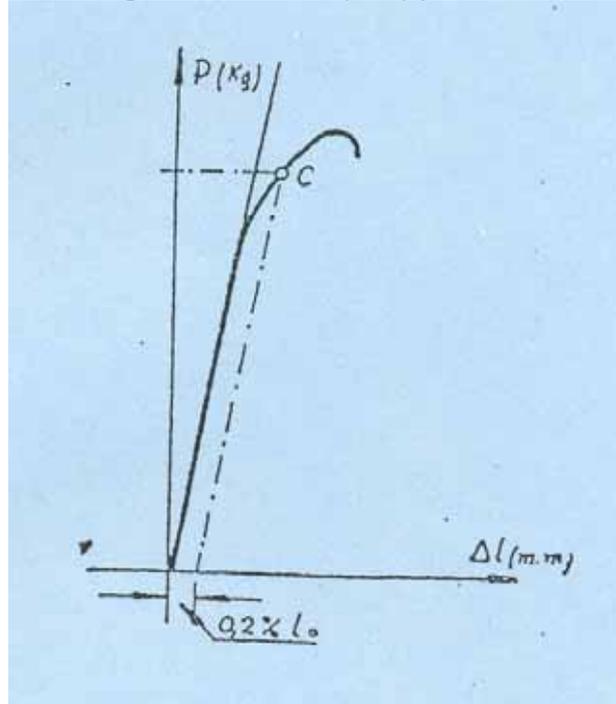


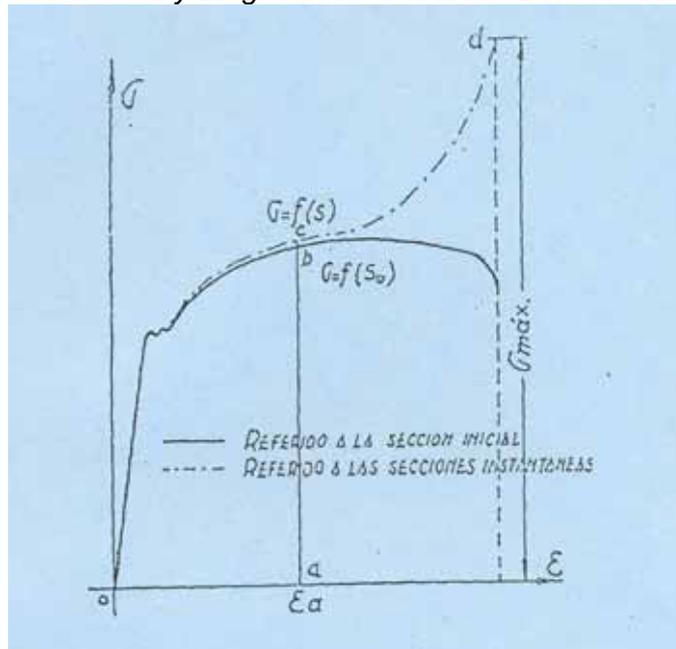
Diagrama Carga-Deformación (P/Δ) para metales frágiles



Generalmente es más frecuente la utilización de los diagramas tensión-deformación (σ/ϵ), donde en el eje de ordenadas se colocan las tensiones y en el de abscisas las deformaciones.

Se denominan diagramas convencionales tensión-deformación a aquellos en los cuales la tensión en la probeta está referida a la sección inicial de la misma, cuando se considera la sección real que va presentando la probeta, de acuerdo a la estricción que se produce durante el ensayo, se tiene el diagrama real tensión-deformación.

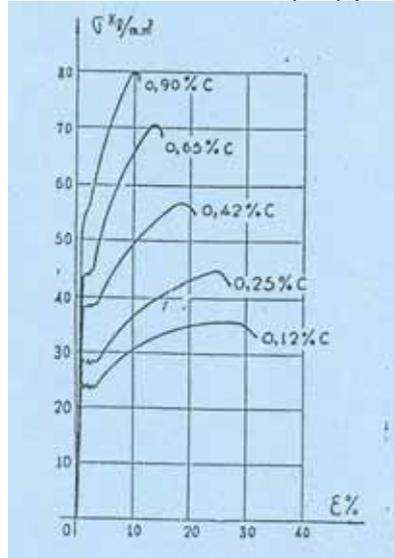
Diagrama Convencional y Diagrama Real Tensión-Deformación para aceros



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	14 / 25

Es importante notar la diferencia de comportamiento entre los metales dúctiles (ej. Aceros con bajo contenido de carbono) y los metales frágiles (aceros de dureza mecánica, fundiciones, etc.) lo cual puede apreciarse claramente en los diagramas de ensayo correspondientes.

Diagrama Convencional Tensión-Deformación (σ/ϵ) para distintos tipos de aceros



En ambos casos hay una zona donde las deformaciones son proporcionales a las tensiones. La Ley de Hooke expresa esta proporcionalidad de la siguiente manera:

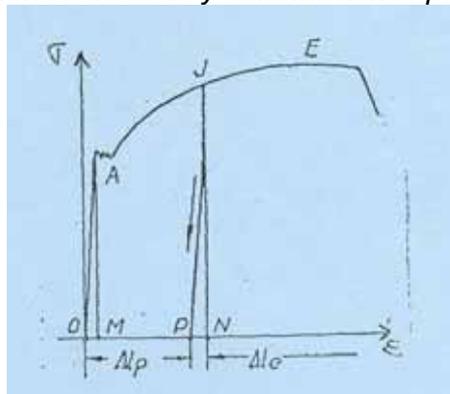
$$\sigma = E \times \epsilon$$

El coeficiente de proporcionalidad E es una constante elástica del material llamada “módulo de elasticidad” y se expresa en kg/cm² o en t/cm².

En el caso de los metales dúctiles cuando se produce alargamiento de la barra sin aumentar la tensión, decimos que el material entra en fluencia, y la tensión correspondiente a este período se denomina tensión de fluencia. Posteriormente el material recupera su resistencia, sin cumplir la Ley de Hooke, pasando por el punto de máxima tensión y llegando finalmente a la rotura, para una deformación del orden del 20%.

Los metales frágiles se caracterizan por no presentar escalón de fluencia, como puede apreciarse en el diagrama correspondiente, y las deformaciones de rotura son considerablemente menores.

*Diagrama Convencional Tensión-Deformación.
Deformaciones elásticas y deformaciones permanentes*



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	15 / 25

7. ENSAYOS TECNOLÓGICOS

Los ensayos tecnológicos permiten comprobar el comportamiento de los materiales, en este caso específico los metales, con respecto a las operaciones a que son sometidos desde su fabricación hasta su colocación definitiva en obra. En general, estos ensayos son cualitativos y no cuantitativos, siendo de ejecución sencilla y rápida.

Los ensayos tecnológicos más comunes que se realizan sobre metales son los siguientes:

- Abocardado o mandrilado (cónico y recto)
- Aplastamiento
- Recalcado
- Presión interna
- Curvado
- Plegado (a fondo y con calzas)
- Torsión
- Flexión alternativa
- Embutido (embutido Ericssen)
- Retorcido o enrollado
- Flexión en la cabeza
- Flexión en la zona de rosca
- Tracción en el vástago

Para los diferentes elementos constructivos se exigen algunos ensayos en particular, de acuerdo al siguiente detalle:

- Tubos
 - Abocardado o mandrilado (cónico y recto)
 - Aplastamiento
 - Recalcado
 - Presión interna
 - Curvado
- Barras
 - Plegado (a fondo y con calzas)
 - Torsión
 - Flexión alternativa
 - En barras para hormigón armado sólo se exige el ensayo de plegado
- Chapas
 - Plegado
 - Flexión alternativa
 - Embutido (embutido Ericssen)
- Alambres
 - Flexión alternativa
 - Retorcido o enrollado
- Remaches
 - Recalcado
 - Flexión en la cabeza
- Bulones
 - Flexión en la zona de rosca
 - Tracción en el vástago

8. DETECCIÓN DE FALLAS Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Estos procedimientos consisten en someter al material a ciertas pruebas, que sin alterar la forma y dimensiones ni dejar muestras o alteraciones en la probeta o muestra, permiten

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	16 / 25

detectar fisuras, heterogeneidades o fallas así como también evaluar alguna propiedad mecánica del material.

Los métodos no destructivos más habituales que se utilizan en metales son los siguientes:

- Método de las tintas penetrantes
- Método del polvo magnético
- Método de las corrientes parásitas
- Radiografía industrial
- Ultrasonido

8.1 Método de las tintas penetrantes

Este método sirve únicamente para la detección de fisuras superficiales. Primeramente se limpia muy bien la superficie de la probeta, luego se la sumerge o se la pulveriza con un líquido penetrante, limpiándose a posteriori la superficie del líquido excedente. Luego para detectar las probables fisuras se mira la superficie con una luz ultravioleta (si es necesario se usa un líquido revelador) y como los líquidos penetrantes son fosforescentes, se visualiza inmediatamente la señal luminosa donde existe una grieta o fisura.



8.2 Método del polvo magnético

A diferencia del método anterior, este permite detectar fisuras superficiales y subsuperficiales (hasta 15 mm). Consiste en esparcir sobre la superficie limaduras de hierro y luego colocar la probeta bajo la acción de un campo magnético. Donde existe una grieta o alteración las líneas de fuerza se interrumpen o se verifica un puente.

8.3 Método de las corrientes parásitas

Es un método de detección de defectos superficiales y subsuperficiales, de gran sensibilidad. Consiste en colocar el metal a estudiar dentro de una bobina conectada a una fuente de corriente alternada, lo cual generará corrientes parásitas en el seno del metal las cuales llevan asociado un campo magnético. Este campo magnético interactuará con el campo magnético asociado a la bobina, modificando su impedancia. Al ir desplazando la bobina a través del metal, si éste es uniforme y libre de defectos, la impedancia se mantendrá constante, por el contrario cualquier modificación en el valor de ésta será indicativo de la presencia de alteraciones o defectos.

8.4 Radiografía industrial

El método de radiografía industrial es totalmente análogo al método de radiografía utilizado en medicina humana, pudiéndose emplear rayos X o γ de acuerdo al tipo y espesor

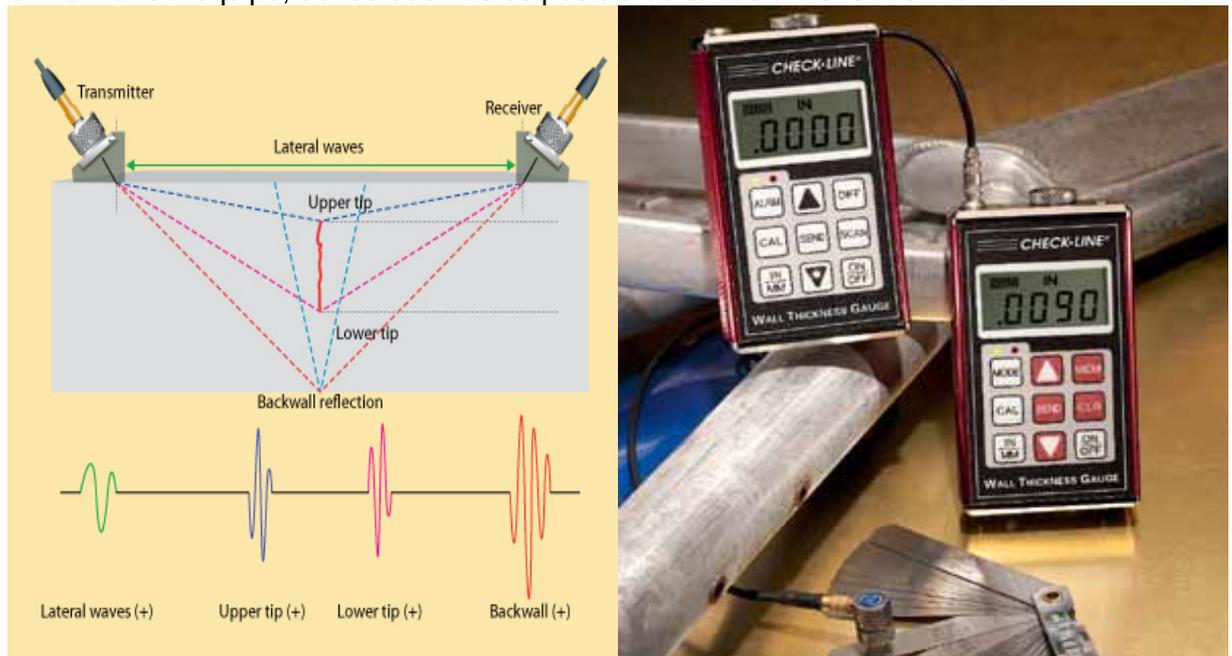
	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	
		17 / 25

de material a analizar y en la placa radiográfica quedan registradas las posibles fallas o defectos del mismo. Es un procedimiento caro y que además requiere de estrictas normas de seguridad para su operación, es muy utilizado para la inspección de soldaduras.



8.5 Ultrasonido

Este método es muy versátil y prácticamente no tiene limitaciones de espesor. Consiste en hacer pasar por el material en estudio un pulso ultrasónico, medir el tiempo de pasaje de la pulsación y registrar las señales de la reflexión de las ondas en un tubo de rayos catódicos. La velocidad del pulso en el medio a estudiar es función de las características mecánicas, entre ellas la resistencia, por lo cual posible correlacionar ambas variables. Por su parte si existieran defectos o discontinuidades en la pieza, las mismas son reflejadas en el monitor del equipo, donde además es posible ubicarlas dimensionalmente.



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	18 / 25

9. PRINCIPALES TIPOS DE ACEROS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Los aceros son los materiales constitutivos de numerosos elementos destinados a las construcciones, y pueden ser fabricados y conformados por los diversos métodos vistos anteriormente. A modo de síntesis se citan los diferentes productos de acero que se emplean en la construcción:

- Perfiles:
 - Normales
 - Grey de alas anchas
 - Línea herrero
 - De chapa plegada en frío
- Barras:
 - Para hormigón armado y pretensado
 - Laminadas para herrería:
 - circulares
 - cuadradas
 - hexagonales
 - planchuelas
- Tubos o caños:
 - Estructurales
 - Para conducción de fluidos
- Chapas:
 - Gruesas
 - Finas
 - Galvanizadas
- Alambres
- Cables y cordones
- Clavos
- Bulones y tornillos

Cuando los aceros son empleados en estructuras resistentes, sus características mecánicas, físicas y químicas, deben ajustarse a lo estipulado en el Capítulo 2 del Reglamento CIRSOC 301 “Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios”. Los tipos de aceros establecidos en este punto tienen la siguiente denominación: F-20, F-22, F-24, F-26, F-30 y F-36, los cuales deben cumplir con las disposiciones contenidas en las normas IRAM-IAS U 500-42 y IRAM-IAS U500-503.

9.1 Aceros para hormigón armado

En el campo de los aceros para hormigón armado, debe señalarse una primera e importante división entre los “**aceros lisos comunes**” (ex St 37, actual AL 220), y los aceros denominados de “**alto límite de fluencia**”, que son aquellos que se definen convencionalmente porque su tensión de fluencia iguala o supera en un 50% a la del acero liso común, es decir, valores ≥ 350 MPa (3500 Kg/cm²). Dichos valores se obtienen por métodos de índole mecánica o química.

Algunos de los métodos que ocasionan dureza mecánica a los aceros de bajo contenido de carbono (<0,20%), son el torsionado, el estirado, el trefilado, dando entonces origen a los “**ADM**” (**Aceros de Dureza Mecánica**). La entrega de trabajo mecánico permite elevar el límite de fluencia y la resistencia de rotura del material original, si bien ello se logra a expensas de una disminución de su capacidad de alargamiento de rotura, o sea una pérdida de ductilidad.

Otra forma de actuar es sobre la composición química del acero, utilizando contenidos de carbono mayores, entre 0,30 y 0,50%, sin utilizar ningún proceso posterior de deformación

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	19 / 25

mecánica. Se está entonces en presencia de los llamados “**ADN**” (**Aceros de Dureza Natural**).

Cabe acotar que, simultáneamente con la mayor resistencia, los ADN y ADM, presentan conformaciones superficiales que brindan mayor adherencia con el hormigón, a efectos de controlar mejor el fenómeno de fisuración provocado por las tensiones crecientes en el acero.

Efectuando un análisis de éstos tipos de acero en función del tiempo, a los efectos de su caracterización, hasta casi fines de la década del 50, el acero utilizado en nuestro país es el “**acero liso común**” de tensión de fluencia 240 MPa (2400 Kg/cm²) y tensión admisible de 120 MPa (1200 Kg/cm²), designado como “acero tipo I” según la nomenclatura del PRAEH (Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón Armado).

A partir de esa época, aparece en el mercado el “**acero común torsionado**”, un ADM identificado como “acero tipo II”, de tensión de fluencia de 360/400 MPa (3600/4000 Kg/cm²) y tensión admisible 180/200 MPa (1800/2000 Kg/cm²). Estos aceros perduraron en la década del 50, y a fines de la misma son desplazados por el “**acero torsionado**”, con nervios longitudinales helicoidales. Es un acero ADM denominado “acero tipo III” de tensión de fluencia de 460 MPa (4600 Kg/cm²), de clásica tensión admisible de 240 MPa (2400 Kg/cm²).

De la década del 50 data también la “**malla soldada**”, utilizada en elementos planos (losas, tabiques, etc.), constituidas por alambres trefilados. Se trata de un ADM denominado “acero tipo IV”, que se fabricó en dos tipos de tensión de fluencia, 500 y 600 MPa (5000 y 6000 Kg/cm²), la primera con tensión de admisible de 300 MPa (3000 Kg/cm²) y la segunda con 360 MPa (3600 Kg/cm²), utilizada en obras públicas.

Entre fines de la década del 50 y principio de la década del 60, se fabrica el acero ADM torsionado tipo V de 600 MPa (6000 Kg/cm²) de tensión de fluencia, utilizado con tensión admisible de 300 a 360 MPa (3000/3600 Kg/cm²), según distintas especificaciones.

A principios de la década del 70, algunas empresas productoras de aceros producen el ADM tipo III, con una conformación superficial que lograba una adherencia mejorada, incorporando nervios cortos entre los longitudinales de recorrido helicoidal.

También en esa época, algunas acerías entran a producir un ADN tipo III, adoptando conformaciones superficiales suficientemente probadas, tales como las indicadas en la norma DIN 1045/72. Al tener que identificar conformaciones, puede acudir a los “certificados de empleo” expedidos por la ex-SeTyOP (Secretaría de Transporte y Obras Públicas de la Nación) ubicándolos en los boletines correspondientes y por la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, cuyo laboratorio de ensayos lleva un registro de fabricantes con las conformaciones adoptadas. El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, a través del LEMIT, otorgó hasta hace algunos años, un “certificado de empleo”, renovable periódicamente, donde figuraban las conformaciones de los aceros.

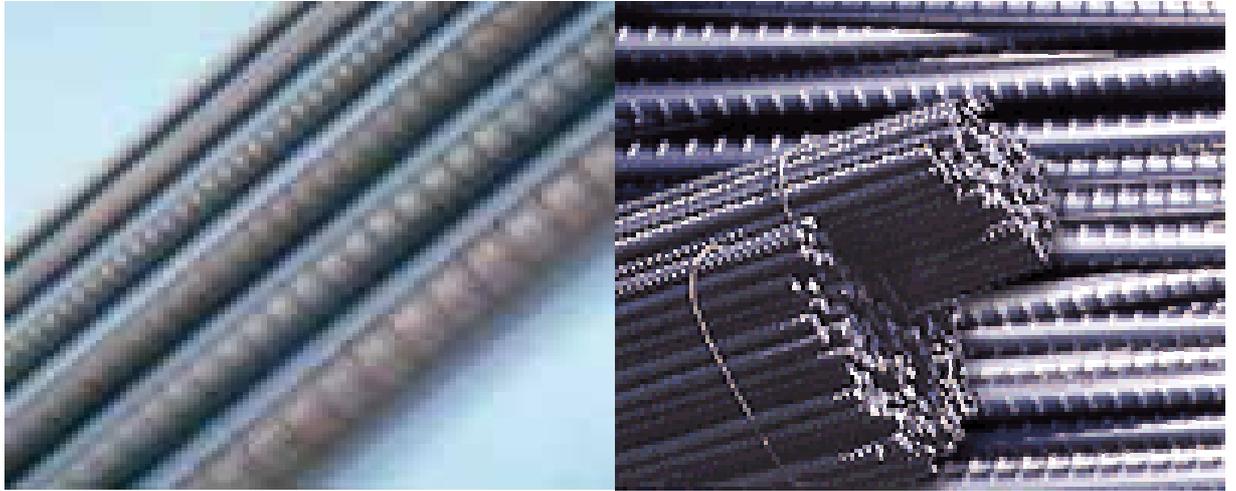
En lo que respecta a sus propiedades mecánicas, tanto cuantitativas como cualitativas, los aceros de construcción están reglados por las normas IRAM, y particularmente por las normas IRAM-IAS (Instituto Argentino de Siderurgia), siendo las siguientes:

- Norma IRAM-IAS U 500-502 “Barras de acero, de sección circular, para hormigón armado”
- Norma IRAM-IAS U 500-528 “Barras de acero conformadas, de dureza natural, para hormigón armado”
- Norma IRAM-IAS U 500-671 “Barras de acero conformadas, de dureza mecánica, para hormigón armado”
- Norma IRAM-IAS U 500-06 “Mallas de acero para hormigón armado”
- Norma IRAM-IAS U 500-91 “Ensayo de doblado y desdoblado”

Por su parte el reglamento CIRSOC 201/82 “Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado”, establece en el capítulo 6, apartado 6.7, las características, condiciones de las barras y mallas para armaduras, las cuales están

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	20 / 25

sintetizadas en la tabla 10, estableciéndose además algunos requisitos complementarios en los anexos al capítulo 6.



9.2 Aceros para hormigón pretensado

Estos aceros tienen tensiones de fluencia y rotura del orden de 2 a 3 veces las que corresponden a un acero ADN o ADM tipo III, valores imprescindibles para el correcto funcionamiento de las piezas de hormigón pretensado.

La alta resistencia se obtiene principalmente mediante:

- Composición química (contenidos de carbono hasta 0.80%).
- Tratamientos mecánicos.
- Tratamientos térmicos.
- Tratamientos termomecánicos.

Comienzan a fabricarse en nuestro país a fines de la década del 50, alambres de 5 y 7mm, de tensiones de fluencia/rotura 1250/1400 MPa (12500/14000 Kg/cm²), para el procedimiento Freyssinet. Al poco tiempo se fabricaron alambres de 5 y 7mm para el procedimiento BBRV con resistencia a rotura de 1550 MPa (15500 Kg/cm²).

A comienzos de la década del 60, se fabrican cordones de dos o tres alambres de alta resistencia a rotura, de 1800 MPa (18000 Kg/cm²), utilizados en losetas y viguetas, y cordones de siete alambres de 1400/1700 MPa (14000/17000 Kg/cm²), utilizados en estructuras postensadas. A fines de la década del 60, se fabrican barras de 26mm de diámetro y tensión 850/1050 MPa (8500/10500 Kg/cm²).

A mediados de la década del 70, se fabrican alambres conformados de resistencia similar a los cordones de dos y tres alambres, es decir, 1800 MPa (18000 Kg/cm²).

Las normas IRAM-IAS atinentes a barras para hormigón pretensado son las siguientes:

- Norma IRAM-IAS U 500-517 “Alambres y barras para hormigón pretensado”
- Norma IRAM-IAS U 500-507 “Cordón de dos y tres alambres para pretensado”
- Norma IRAM-IAS U 500-671 “Cordón de siete alambres para pretensado”

El reglamento CIRSOC 204 “Hormigón Pretensado Parcial”, en su capítulo 2 (requisitos para el acero) remite a los artículos 26.2.2. y 26.2.3. del reglamento CIRSOC 201, en lo atinente a las características de los aceros a emplear.

Recordemos que los aceros utilizados en las **piezas pretensadas**, tales como cordones de dos o tres alambres, alambres conformados, transmiten la fuerza de tesado por adherencia directa; en cambio en los alambres, cordones de 7 alambres, o barras utilizadas en **piezas estructurales postensadas**, van colocados en vainas de acero corrugados, que luego del tesado de los aceros, son inyectadas con lechadas de cemento. En las estructuras postensadas, se utilizan anclajes mecánicos. Debe tenerse en cuenta además, que en las

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	21 / 25

piezas postensadas, se utiliza una cantidad importante de armadura secundaria o pasiva, en general del tipo III, que puede ser objeto de un relevamiento.

10. METALES NO FERROSOS

Los principales metales no ferrosos de aplicación en ingeniería civil son los siguientes:

10.1 Aluminio

Densidad 2,7gr/cm³. Punto de fusión 658°C. Punto de ebullición 2056°C. Laminación 400°C. Conductor de la electricidad. $\sigma = 700$ a 1000Kg/cm².

El aluminio es un material relativamente nuevo, comparado con el hierro, pero de creciente uso en la industria de la construcción. El procedimiento actualmente usado para extraer el aluminio a partir del mineral, bauxita, requiere un gran consumo de electricidad, alrededor de 17,5Kw hora por cada kilogramo de metal. Como consecuencia, una industria de gran producción de aluminio debe ser ubicada cerca de una fuente abundante de energía eléctrica de bajo costo, actualmente la energía hidroeléctrica.

El mineral es extraído de yacimientos de varias partes del mundo y enviada a fundiciones ubicadas cerca de grandes usinas de energía hidroeléctrica. Otros ingredientes esenciales en la obtención del aluminio son: petróleo, coque, criolita y fluorita (espato-flúor).

El mineral bauxita es lavado y tratado en una solución de Na(OH) (soda cáustica) hasta convertirse en polvo blanco y se llama alúmina (Al₂O₃) conteniendo una alta concentración de aluminio. Este material es introducido en el horno de reducción a 1200°C (caldera) donde es disuelto en una solución de criolita fundida, a la cual se añade fluoruro de aluminio.

El horno de reducción está revestido con una pasta de coque, la cual es calentada hasta endurecer. Se suspenden electrodos de carbono en la criolita fundida hasta el revestimiento de coque, es o provee la acción necesaria para separar la alúmina en aluminio y oxígeno.

El aluminio fundido es trasladado desde el horno a moldes rectangulares produciendo lingotes de varias medidas. Los lingotes son enviados a las plantas de producción, las cuales producen uno o más artículos de aluminio. A causa de sus características básicas, el aluminio puede ser laminado, torneado, estirado, fundido, extruido, forjado, calado, o pulverizado. Además, es posible, producir una gran cantidad de aleaciones de aluminio, alguna de ellas varias veces más fuerte que el material original.

Los lingotes para laminar son en primer lugar, pretratados en un foso de calentamiento. Cada lingote pasa a través de una serie de rodillos que finalmente lo convierten en largas chapas de metal de varios anchos y espesores. Normalmente el máximo espesor de la chapa es cerca de un 1/4 de pulgada (6,4mm). El laminado puede continuarse hasta producir papel de aluminio que puede tener un espesor de cerca de un décimo de diámetro de un cabello humano.

Los lingotes pueden también ser reducidos a largas tiras que también son extruidas (forzadas a pasar por una matriz) para producir formas deseadas, tales como tubos sin costura, ángulos, barras, cadenas y muchos otros diseños.

Otra importante utilización de aluminio es en la producción de cables eléctricos. Alambre de aluminio extruido es arrollado alrededor de un alma de acero para fabricar el ACSRI (conductor de aluminio reforzado con acero) para cable de energía eléctrica.

Perfiles estructurales de aluminio, son usados en armaduras donde la liviandad y resistencia a la corrosión son de primera importancia. Armaduras de bóvedas y armaduras en paneles de cortinas, son casos típicos donde las formas estructurales de aluminio pueden ser usadas.

Perfiles arquitectónicos son bastante usados para puertas y ventanas, paneles de cortinas para paredes, umbrales, pisos, pasamanos, barandas, largueros de puertas y ventanas, etc. Todos en una variedad de formas.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	22 / 25

Las chapas de aluminio tienen muchos usos. Las chapas lisas son usadas para canaletas, pisos, desagües de pisos. Las chapas de aluminio, son también tratadas en varias formas para mejorar su apariencia e incrementar su resistencia a la intemperie y a la corrosión. Estas chapas tratadas son usadas para cubiertas o largueros, paneles, cortinas, etc y revestimientos acústicos. El papel de aluminio es usado como una barrera de vapor en revestimientos de paredes y aislación reflectiva.

Uno de los procesos de tratamiento del aluminio es el anodizado, el cual consiste en someter al aluminio, o sus aleaciones, a un tratamiento electrolítico con el objeto de obtener una capa superficial de óxido de aluminio (alúmina) adherente, transparente y protectora, con propiedades particulares diferentes del metal y que son aprovechables en diferentes aplicaciones.

El proceso de anodizado consta de las siguientes etapas básicas:

- Desengrasado -> Lavado -> Satinado -> Neutralizado -> Lavado -> Anodizado -> Lavado -> Coloreado -> Lavado -> Sellado.

El anodizado es un proceso electrolítico que se desarrolla en una cuba donde las piezas de aluminio se colocan en soportes conductores conectados al polo positivo (ánodo) de una fuente de poder de corriente continua; el polo negativo (cátodo) es un material inerte y el electrolito es una solución acuosa, normalmente de ácido sulfúrico. El paso de la corriente eléctrica produce la liberación de oxígeno en el ánodo, procedente de la disociación electrolítica del agua. Este oxígeno reacciona con el aluminio del ánodo y lo oxida, de aquí la conocida como "oxidación anódica". La película de óxido de aluminio o alúmina (Al_2O_3) se conoce como capa anódica.

Aprovechando la porosidad de la capa anódica, es posible su coloración por impregnación con colorantes o depositando iones metálicos en el fondo de los poros, por medios electrolíticos. Este último método permite obtener mayor estabilidad del color a la luz solar en el tiempo, en cualquier tipo de intemperie.

El sellado es la última operación del proceso y consiste en la inmersión de las piezas anodizadas en agua desmineralizada en ebullición. Con ello la alúmina se transforma en monohidrato de aluminio que debido a su mayor volumen se dilata provocando el cierre hermético de los poros de la capa anódica. Esta operación es indispensable y es la que permite mantener estable las propiedades del material anodizado a través del tiempo.

10.2 Cobre

Minerales calcopirita ($SCu_2S_3Fe_2$), calcosina (SCu_2). Densidad $8,9gr/cm^3$. Punto de fusión $1084^{\circ}C$. Conductor de calor y electricidad. Resistencia a la tracción $2200kg/cm^2$ (recocido), $4000Kg/cm^2$.

El contenido de cobre de muchos minerales de cobre es bajo, por lo cual la primera etapa en la fabricación de este metal es usualmente la concentración. El mineral es triturado, zarandeado y pasado por un molino de bolas para reducirlo a partículas pequeñas. Este es mezclado con aceite el cual moja las partículas del sulfuro de hierro y cobre pero no la mezcla terrosa restante. El mineral aceitado es entonces colocado en un tanque de agua y agitado hasta que las partículas de sulfuro aceitado se unen a burbujas de aire y suben a la superficie.

El concentrado es calcinado y luego fundido en un horno de cuba para producir la mata de cobre. Este luego es convertida en un horno parecido al convertidor Bessemer en cobre metálico de superficie negra. El cobre metálico es refinado nuevamente para reducir el contenido de oxígeno. Cuando este ha sido reducido hasta cerca el 0,04%, el material es entonces llamado cobre.

El cobre y sus aleaciones son muy usadas en construcciones, particularmente cuando se requiere resistencia a la corrosión, ductilidad, resistencia al impacto y/o alta conductibilidad eléctrica.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	23 / 25

El cobre laminado en caliente es blando y maleable, el cobre laminado en frío es duro, resistente y menos dúctil.

Chapas de cobre de varios espesores son los productos de cobre más usados en edificios. Son usados para trabajos de cornisas, paneles de revestimiento de paredes y bóvedas, cubiertas de techo, canaletas, aleros y trabajos de ornamentación interior y exterior. Chapas para cubiertas y desagües están hechas generalmente de cobre blando mientras que el resto es de cobre duro.

Una gran variación de aleaciones están hechas en cobre, muchas de las cuales son usadas para fines arquitectónicos y ornamentales. Estos pueden estar formados por chapas, barras, tubos o formas arquitectónicas y estructurales, dependiendo de como son usadas cada uno.

El cobre es un excelente metal para exterior desde el punto de vista del color como así también por su resistencia a la corrosión. Primero toma un color marrón y luego toma una patina permanente verdosa clara. El color verde puede también ser producido artificialmente o bien el color originario del cobre puede ser preservado pintando el metal con laca clara.

Nombre	Composición nominal %
Cobre 100	99,9 % de cobre
Bronce comercial	90% de cobre y 10% Sn
Latón rojo	85% de cobre y 15% Cinc
Latón amarillo	70% cobre y 30% Cinc
Bronce arquitectónico	56% de cobre, 41,5% Estaño y 2,5% Pb

10.3 Plomo

Punto de fusión 327°C. Punto de ebullición 1774°C. Densidad 11,34gr/cm³. Resistencia 200kg/cm².

La principal materia prima del plomo es el mineral galena (sulfuro de plomo). La galena es primeramente calcinada hasta formar terrones de óxido de plomo. El óxido de plomo es cargado en un horno de cuba con coque, óxido de hierro y cal. El plomo precipita al fondo del horno y es retirado a intervalos. Luego es refinado, lo cual es a menudo necesario, en un horno de reverbero calentando el plomo en presencia de aire. Muchas de las impurezas son oxidadas y se desprenden como gases.

El plomo es un metal blando, plástico, maleable, usado en varias formas en la construcción de edificios. En chapa es usado como techados, revestimiento de paredes y desagüe.

También puede ser moldeado fácilmente para trabajos de ornamentación. Una de las ventajas de las chapas de plomo es su extremada plegabilidad, capaz de ser colocado sobre superficies irregulares. En otro orden de cosas, es más pesado que los otros metales usados en la construcción.

El plomo duro, producido por aleación de antimonio con plomo, es usado para canales y para moldeo.

10.4 Estaño

El mineral a partir del cual es generalmente producido el estaño, es la casiterita, un óxido de estaño. Un horno de reverbero es usado para reducir el mineral y el estaño es nuevamente refinado por refinación electrolítica.

Debido a su resistencia a la corrosión, el estaño es usado mucho en chapas de cubiertas de hierro recubiertas con estaño. Cuando se recubre con una chapa de una aleación de 25% de Sn y 75% de plomo, la chapa es conocida como terneplate.

El estaño es usado muy extensamente en la forma de chapas y como papel de estaño. Puro casi no tiene otras aplicaciones industriales, excepto como constituyente de muchas

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	24 / 25

valiosas aleaciones (con el cobre se obtiene el bronce). Un limitado pero importante uso es la fabricación de tapones de fusibles, para cuyo empleo debe ser de alta pureza.

La extracción del estaño a partir del mineral comprende la concentración del mineral por procedimientos mecánicos, térmicos y químicos. Luego la reducción por fusión con carbón de leña o cobre en hornos y refinación del estaño crudo.

Las propiedades del estaño, de importancia comercial, son su gran maleabilidad a temperatura ambiente y su alta resistencia a la corrosión cuando es puro. Una gran cantidad de producción de estaño en el mundo se usa como recubrimiento de chapas de hierro o acero (hojalata) Una pequeña proporción es laminada en frío en chapas y usada en la fabricación de material para cubierta de techos, hojas de papel de estaño, etc. El estaño es efectivo como recubrimiento en tanto la superficie permanezca intacta pero no protegerá al hierro después que la superficie se rompa, a diferencia del zinc, puesto que el estaño está abajo del hierro en la serie. El estaño tiende a experimentar creep bajo tensión sostenida a temperatura ambiente.

10.5 Zinc

Densidad: 7gr/cm³. Punto de fusión 420°C. Punto de ebullición 907°C. Resistencia 600kg/cm². Maleable a 150 °C.

El zinc se encuentra en algunas extensiones de la superficie terrestre como un sulfuro, un carbonato o un silicato.

Las propiedades químicas del zinc son tan diferentes de los otros minerales comunes que los métodos metalúrgicos por los cuales se extrae el zinc de los minerales es único. Cualquiera que sea el estado original del zinc en el mineral, debe ser en la forma de un óxido antes de obtención del zinc metálico. En esta forma puede ser reducido por carbono a alta temperatura, pero esta temperatura es por encima del punto de volatilización del metal, por lo cual este es siempre obtenido como un vapor el cual debe ser condensado. Además el vapor del zinc debe ser condensado a una temperatura por encima del punto de fusión si el zinc metálico debe ser obtenido en la forma comercial común, como espelter. De otra manera, se obtiene un polvo como "zinc polvo" o "zinc humo", este polvo, tiene ciertos usos especiales, pero se oxida muy rápidamente y no puede ser vuelto a fundir y colado para formar espelter.

El zinc comercial (espelter) contiene variada cantidad de impurezas hasta un valor máximo permitido de cerca 1,5% por el grado menor. Las principales impurezas son plomo, hierro y cadmio.

El zinc muestra una cierta cantidad de creep a temperatura ordinaria y en consecuencia es raramente usado para soportar tensiones en estructuras o maquinas.

Se ha intentado fabricar zinc sólido en chapas corrugadas para techos, pero estas chapas tienden a corrugarse o flexionarse cuando son colocadas en las vigas espaciadas de acuerdo a la práctica con chapas de hierro galvanizadas.

El zinc colado cuando se ensaya lentamente muestra una resistencia a la tracción de 352 a 703 kg/cm², y no es dúctil. Se vuelve maleable cuando se calienta a 100-150°C. y puede ser laminado en chapas. El zinc que ha sido laminado y luego recocido a 200°C tiene una resistencia a la tracción de cerca de 1120kg/cm².

El zinc es usado como recubrimiento sobre hierro y acero, siendo aplicado por inmersión o electrólisis. El zinc está por arriba del hierro en la serie electrónica y protege al hierro de la corrosión largo tiempo después que la capa de zinc se rompa, porque cuando el hierro y el zinc están en contacto, el zinc se convierte en el ánodo de una cupla electrolítica la cual previene la oxidación del acero sobre un área adyacente al recubrimiento. La protección puede ser obtenida sobre una distancia tan grande como 1/4 pulgada (6,4mm) en atmósfera marina donde la conductibilidad de la capa húmeda conectando las superficies de hierro y del zinc es mejorada por los gases disueltos y sales en la capa húmeda. Este hecho es utilizado para prevenir la corrosión del conjunto de accesorios metálicos marinos, calderas

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	
	Unidad Temática N°6 “Metales”	25 / 25

marinas, condensadores y también partes de cascos de barcos. Una considerable cantidad de zinc es laminado en chapas de zinc.

Otra cantidad es usada en moldeo y una cantidad considerable en combinación con el cobre y otros metales en la fabricación de latón (marca comercial HIDRO-BRONZ) y otras aleaciones. Puesto que el zinc funde a 419°C no puede ser utilizado para trabajo a altas temperaturas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ENSAYO DE MATERIALES, A. Helfgot, Editorial Kapelusz.
- LABORATORIO DE ENSAYOS INDUSTRIALES, González Arias - Palazón, Editorial Litenia.
- ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE DEFECTOS EN LA INDUSTRIA DEL METAL, J. Stüdemann, Editorial Urmo.
- THE TESTINGS AND INSPECTION OF ENGINEERING MATERIALS, David - Troxell - Wiskocil, Editorial CECSA.
- ENSAYOS TECNOLOGICOS, G. Luchessi, Editorial Labor.
- CONOCIMIENTO DE MATERIALES EN INGENIERIA, V.B.John, Editorial G. Gilli.
- ENSAYOS MECANICOS DE LOS MATERIALES, G. Luchessi, Editorial Labor.
- APUNTES DE LA CATEDRA DE TECNOLOGIA DE MATERIALES, FRSF UTN, Ing. Romeo Miretti
- APUNTES DE LA CATEDRA DE TECNOLOGIA DE MATERIALES, I.S.M., Ing. Carlos Passerino
- COLLOQUIO-02. Asociación de Ingenieros Estructurales. Ing. Francisco Maioli.
- CONSTRUCCIONES METALICAS, V. Zignoli, Editorial Dossat.