

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

El Acero

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Santa Catalina, Lima, Peru
Tel: (51) (01) 798 6687
Fax: (51) (01) 472 8346
E-mail: gerencia@estructuras.info
Web: www.estructuras.info

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Materiales

- Metales: Acero, Hierro, aluminio, titanio, cobre
- No metales: cerámicos, vidrios, plásticos
- Para las estructuras ... propiedades microestructurales
- Insensibles:
 - Densidad, Modulo de elasticidad
 - Coeficiente de expansión térmica, Punto de fusión, Conductividad térmica.
 - Corrosión
- Sensibles:
 - Resistencia, Ductilidad, Tenacidad, Fatiga, Impacto, Dureza

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Selección de materiales

- Parte de la etapa de diseño.
- Factores
 - Físicos ... medidas
 - Mecánicos ... esfuerzos
 - Fabricación ... moldeo
 - Duración ... tiempo de vida
 - Costo ... estandarización
 - Disponibilidad ... cantidad
 - Códigos o normas ... requisitos técnicos ... ¡cliente!



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Metales

- Buen comportamiento mecánico ... enlaces atómicos
- Tratamiento térmico puede aumentar propiedades
- Deformables y moldeables
- Tipos
 - Ferrosos: **acero**, hierro
 - No ferrosos: el resto
- Clasificación: ASTM
- Gran consumo mundial: construcción civil, naval, metal mecánico, arquitectura, carpintería, etc.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

El Acero

- Compuesto de hierro y otra sustancia para dar resistencia.
- Combinación de hierro y carbono (menos del 2%).
- Otros: carbono, manganeso, cobre, silicio, molibdeno, níquel, cromo.
- Algunas impurezas: fósforo, azufre.
- Múltiples usos: industria, construcción, herramientas.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Historia

- La historia del acero es la del hierro.
- Usado desde hace 3000 A.C.
- Accidentalmente Hierro + carbon: nace el acero.
- Producción masiva: revolución industrial.
- Usado en Asia, Africa y Europa.
- En la antigüedad: Hierro en carbón vegetal.
- Edad Media: nace el acero templado.
- En 1856 ... Henry Bessemer ... producción masiva con aire.
- Impulsador en países desarrollados.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Países productores

Producción anual promedio:

- Unión Europea ... 218 millones de tm.
- Japón ... 112
- Brasil ... 33
- China ... 280
- Rusia y otros ... 113
- Estados Unidos ... 100



Perú (SiderPerú):

- Actualmente ... 0,45
- Para el 2013 ... 3 millones de tm.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Hierro

- Elemento químico
- Metal de transición (estable).
- Es maleable, tenaz y ferromagnético.
- Naturalmente en **óxidos, carbonatos, hidróxidos, sulfuros.**
- Siderurgia ... tratamiento del hierro.
- Oxido da hematita, magnetita; hidróxido de limonita, carbonato da siderita.
- Hierro fundido ... mas del 2% de carbono en grafito ... llamado gris.
- Hierro forjado ... menos del 0,5% de carbono ... calentado al rojo y golpeado.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

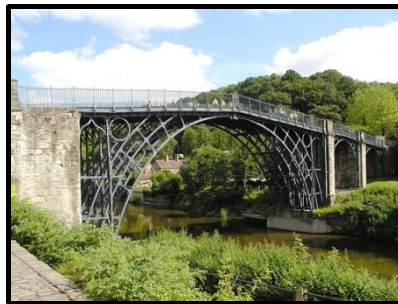
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Historia

- Define la edad de hierro. Usado hace mas de 5000 años.
- Antes se usaba el bronce.
- El bronce es desplazado al aumentar carbono al hierro.
- Carbón vegetal en los hornos (agente reductor).
- Nace el hierro forjado o colado.
- Revolución industrial ... cambian al coque ... mas útil.
- El coque de la hulla (carbón mineral de origen vegetal)

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Estructuras de hierro



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

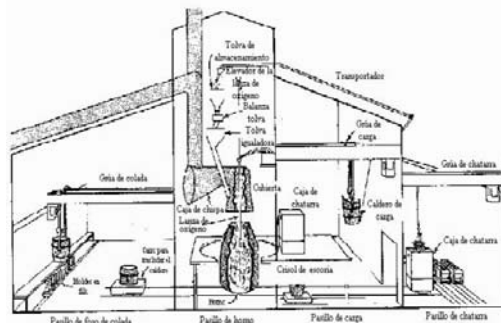
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Producción del acero

- Contiene: Hierro, piedra caliza(fundente) y coque.
- Arrabio y otros se cargan.
- Impurezas flotan.
- Se obtiene el acero.



Esquema de una planta de oxígeno para producción de acero

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Hornos y procesos o convertidores

Características:

- Alto horno ... arroja arrabio (fundición de hierro).
- Convertidor Bessemer ... elimina impurezas y exceso de C.
- Convertidor Martin-Siemens ... adecua el C.
- Horno eléctrico ... Utiliza chatarras férricas.
- Proceso de Oxígeno ... sopla oxígeno.
- La escoria minimiza residuos.

Acero se obtiene de:

- Arrabio ... Alto horno
- Chatarra ... Horno eléctrico

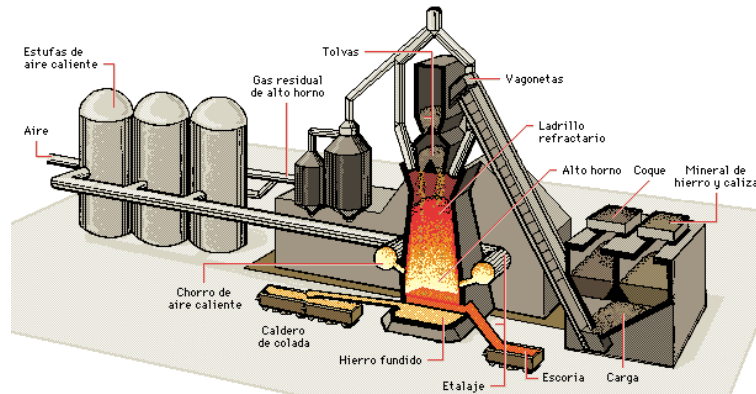
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Alto horno

- Abajo arroja arrabio y quema el coque.
- Arriba se ingresa el hierro, coque y caliza.
- Convertidor con oxígeno



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Convertidor Bessemer

- Es un proceso, producción en masa.
- Convierte el arrabio en acero.
- Se inyecta aire.
- Se eliminan impurezas.
- Oxidación mantiene calor
- Se mantiene fundido por calor.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

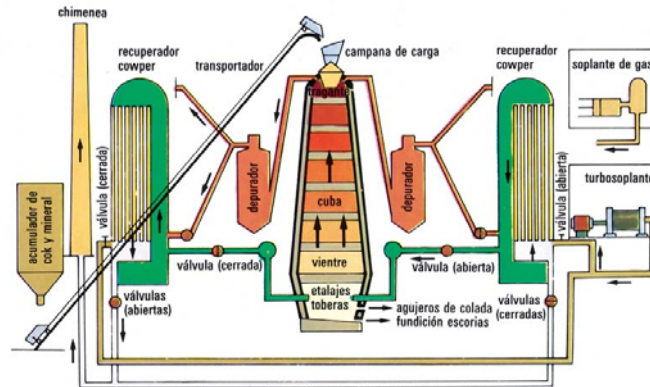
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Convertidor Martin Siemens

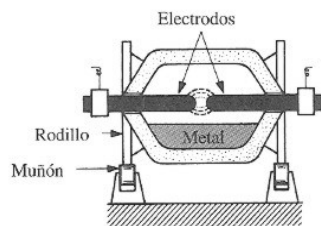
- Se funde y afina el acero.
- Se introducen materiales con oxígeno
- Fuego directo



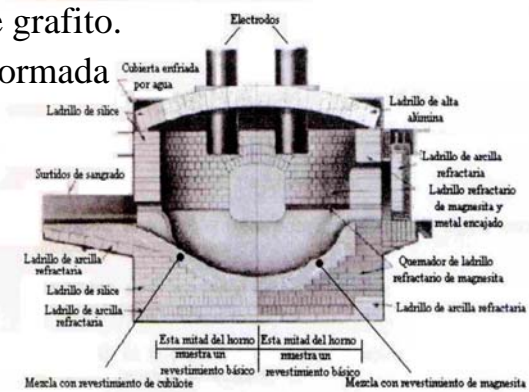
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Horno eléctrico

- Funde chatarra o hierro por corriente.
- Electrodo suspendido de grafito.
- Chatarra reciclada, transformada o recuperada.
- Alto control de calidad.
- Acero puro y resistente.



Horno eléctrico de fabricación de acero



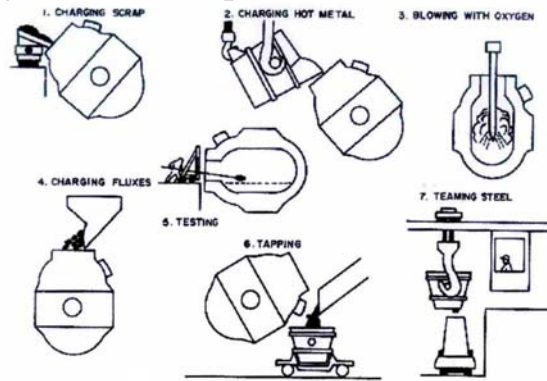
Dibujo de corte de un horno eléctrico con revestimientos tipo ácido y básico

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Proceso de oxígeno.

- Proceso moderno.
- Arrabio y chatarra al convertidor.
- Oxígeno gaseoso a la superficie.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Propiedades mecánicas

- Elasticidad: Capacidad de recuperar su forma.
- Dureza: Oposición a dejarse rayar o penetrar por otro.
- Maleabilidad: Aptitud para extenderse en láminas.
- Fragilidad: Propiedad a romperse.
- Plasticidad: Conserva su nueva forma una vez deformado.
- Tenacidad: Oposición a esfuerzos lentos.
- Resiliencia: Absorbe esfuerzos dinámicos.
- Ductilidad: Permite ser alargado o estirado en hilos.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Constituyentes del acero

- Aluminio ... desoxidante.
- Boro ... endurece.
- Cromo ... inoxidable, mejora temple, dureza.
- Manganeso ... neutraliza azufre, da soldabilidad.
- Molibdeno ... da tenacidad.
- Titanio ... estabiliza el acero.
- Acero ... para la fatiga.
- Carbono ... eleva la resistencia.

Impurezas:

- Azufre ... porosidad y maquinabilidad.
- Fósforo ... baja ductilidad y aumenta la resistencia a tracción.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Características del acero

- Peso específico ... 7850 kg/m^3 .
- Punto de fusión ... 1375°C
- Coeficiente de dilatación ... $1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- Módulo de Elasticidad... $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ GPa} = 29000 \text{ ksi}$
- Tenza, **dúctil**, maleable.



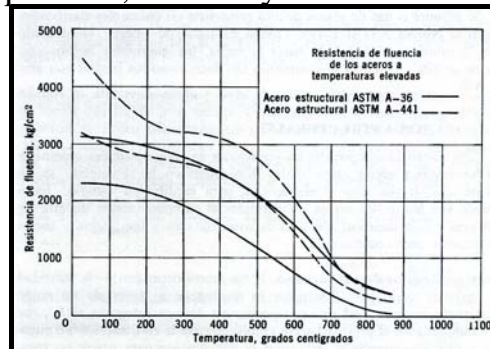
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

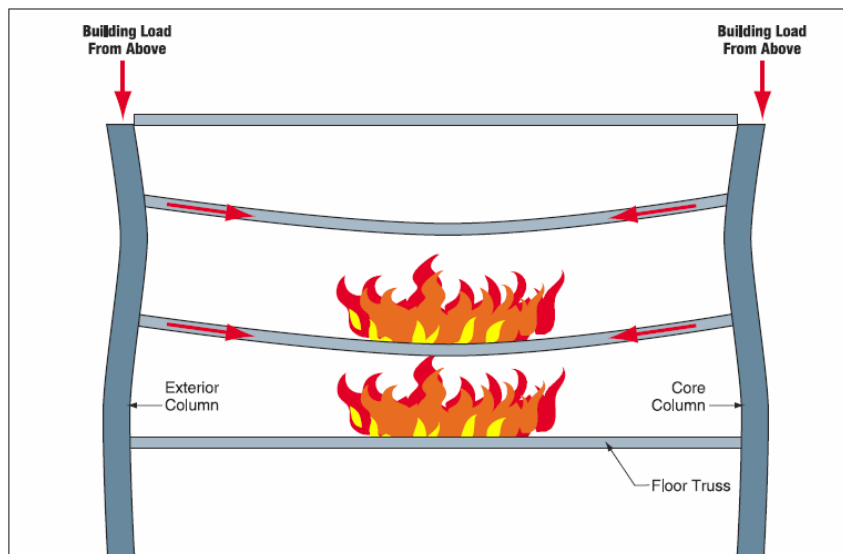
Efecto de temperatura

- Efectos adversos ... ASTM E-119.
- Disminuye el módulo de elasticidad hasta 485°C.
- Luego disminuye más rápido.
- Gran flujo plástico, disminuye la resistencia.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

El problema del WTC



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Soluciones

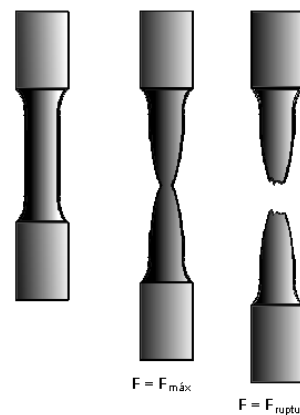
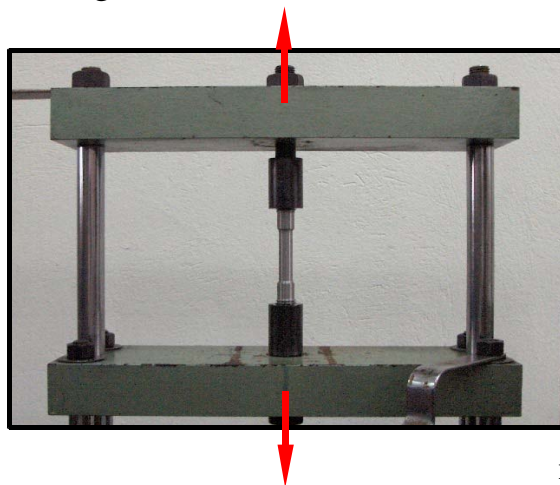
- Aplicar revestimientos: asbesto, pinturas, yeso, etc.
- Clasificación de acuerdo a las horas de protección.
- Asbesto: mineral incombustible ... resiste agentes químicos.
- Estructura fibrosa ... fácil de aplicar.
- Usos en sistemas de frenos, ropas de protección, etc.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Ensayos de laboratorio

- Ensayo típico: tracción de probetas.
- Diagrama esfuerzo-deformación.

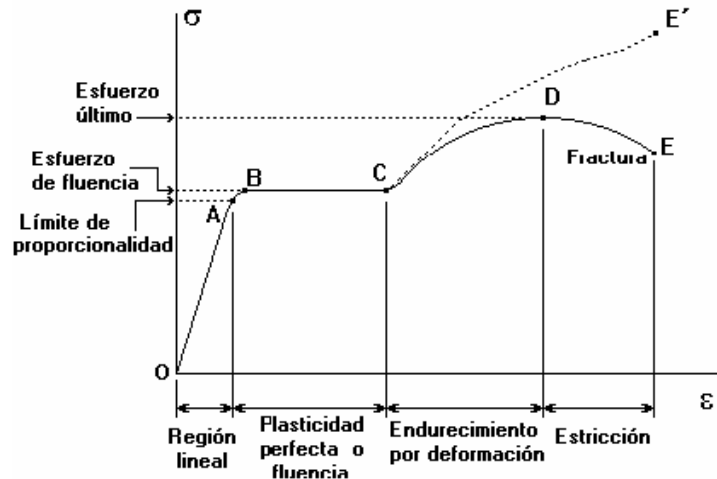


MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Diagrama esfuerzo deformacion

- Normaliza resultados



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Puntos Característicos

- Límite de proporcionalidad (A): punto extremo de zona recta.
- Límite elástico: punto en la curva aun en estado elástico. ... se diferencian muy poco.
- Punto de fluencia (B): define la zona plana del estado inelástico, mas teórico que práctico.
- Punto de endurecimiento (C): aumento ligero de la resistencia.
- Punto último (D): esfuerzo máximo o resistencia.
- Punto de fractura (E): rotura del material.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Maquina de ensayo

- Aplica tracción.
- Mide deformación para diferentes cargas.
- Arroja diagrama esfuerzo-deformación.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Otros ensayos

- Resiliencia ... péndulo de Charpy (impacto) en elemento entallado. Ensayo dinámico.
- Ensayo de fatiga ... flexión más oscilación.
- Ensayo de plegado ... punzonado de plancha o prisma hasta una U.
- Ensayo de dureza ... se penetra con un cuerpo. De Brinell (bola), Vickers (pirámide), Rockwell (cono), Shore (rebote)

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

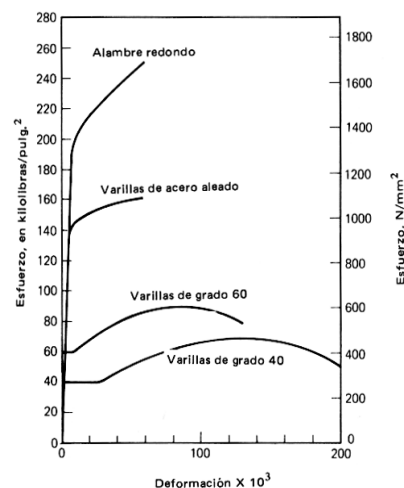
Tipos de aceros

- Estructurales.
- Calibre delgado: para perfiles laminados en frío.
- Alambres y cables.
- Fundidos: bases, piezas especiales.
- Forjados: piezas compactas fuertemente cargadas.
- Para remaches.
- Para tornillos: mayores que aceros estructurales.
- Para herramientas.
- Para soldaduras.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Clasificación

- Mayor Carbono ... mas resistente mayor fluencia ... ¿mas frágil?.
- Clasificación:
 - ASTM: american society for testing and materials
 - ASCE: American society of civil engineers
 - AISI: american iron and steel institute
- Clasificados segun composición, fluencia, tratamiento, acabado, tamaño, forma, calidad.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Por Composición

- Según carbono y aleación.
- Acero bajo, medio y alto carbono
- **Acero dulce** ... barato ... bajo carbono
- Acero para herramientas e inoxidables ... alto carbono

<i>Clasificación</i>	<i>Contenido de carbono (%)</i>
<i>Bajo carbono</i>	<i><0,25%</i>
<i>Carbono medio</i>	<i>0,25-0,55%</i>
<i>Alto carbono</i>	<i>>0,55</i>

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Por Aleación

- Acero simple: sin aleación solo de chatarras:
 - Mn < 1,65%
 - Si < 0,60%
 - Cu < 0,60%
- Acero de baja aleación: aleantes < 5%
 - Mn < 1,65%
 - Ni, Cr y Mb
- Aleantes < 5% ... **aceros al carbono**
- Acero de alta aleación: aleantes > 5%
 - Aceros para herramientas e inoxidable

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Por Resistencia

- Uso común en construcción: $F_y < 40\text{ksi}$
- Aceros de alta resistencia: $40\text{ksi} < F_y < 120\text{ksi}$
- Aceros de ultra alta resistencia: $F_y > 200\text{ksi}$
 - Al medio carbono.
 - Baja aleación.
 - Templados y revenidos
 - Usado en armamento y astronáutica.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Por Forma y Calidad

- Forma:
 - Barra $< 3''$: O, , Hex, L, U pequeños, Varillas. corrugadas.
 - Perfiles $> 3''$.
- Acabado:
 - Laminado en caliente y frío.
 - Templado y/o revenido.
- Revestido:
 - Esmaltado
 - Galvanizado en caliente
 - Galvanizado electrolítico (zincado)

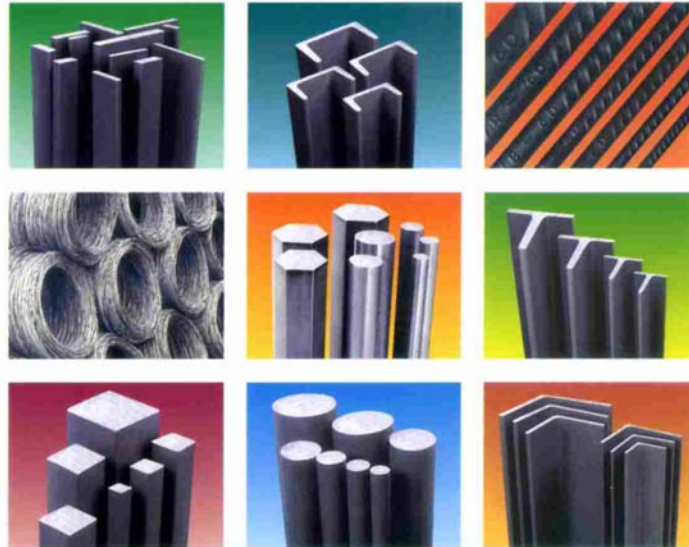
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

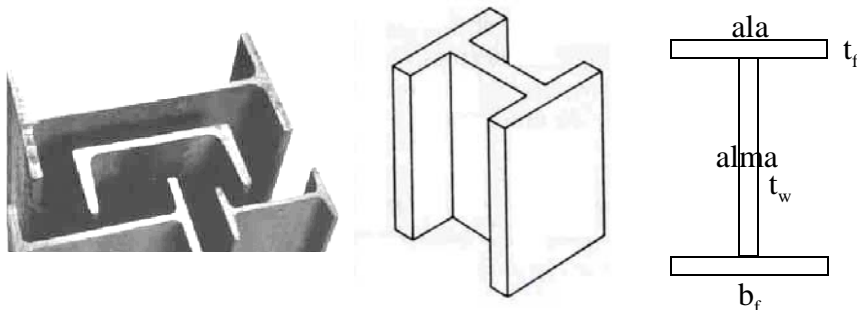
Productos



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Tipos de perfiles

- Laminados, soldados, plegados.
- Mas usados ... tipo "W" o "H"
 - Ejm: W16x67 ... 16" de peralte y 67 lb/pie de peso.



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Mas del acabado

- Luego de la fabricación: bloques, barras, placas, etc.
- Tratamiento térmico ... mejora propiedades.
- Acero templado: Tenacidad, dureza, resistencia.
 - Hasta casi 900°.
 - Enfriamiento rápido.
- Acero revenido: fragilidad y esfuerzos internos se anulan.
 - Hasta 600°.
 - Enfriamiento lento.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Aceros A.S.T.M.

- A36: Acero estructural multipropósito.
- A529: Acero al carbono, fluencia mínima de 2950 kg/cm².
- A242: baja aleación, alta resistencia y baja corrosión.
- A572: alta resistencia y baja aleación manganeso–vanadio.
- A588: alta resistencia, fluencia mínima de 3515 kg/cm².
- A992: para perfiles H laminados para uso en edificios.
- A53: Tubos de acero, con o sin costura.
- A501: Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.
- A514: alta aleación y templados.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Tipos de acero

- Al carbono: Usa carbono y manganeso, para puentes y edificios. Fe, C<1% y otros menores ... Fy<36ksi.
 - A36
- Alta resistencia y baja aleación: Aceros resistentes a la corrosión, fluencia varía con espesor. Fe, C y otros <5%.
 - A242, A440, A441, A572.
- Alta resistencia, baja aleación y resistente a corrosión: Posee cobre, forma pátina, acero rojo o café. Fe, C y otros >5%.
- Templado y revenido: Tratados termicamente, fluencia variable ... Fy de 80 a 100ksi sin ASTM.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Esfuerzos de fluencia

Tipo	Fy(ksi)	Fu(ksi)
A36	36	58
A529	42	60
A242	50	70
A572	42	60
A992	50	65
A53	35	60
A500	33 y 42	62
A501	36 y 42	58
A588	50	70
A913	50	65
A60	60	
A131	34	58
A441	50	70

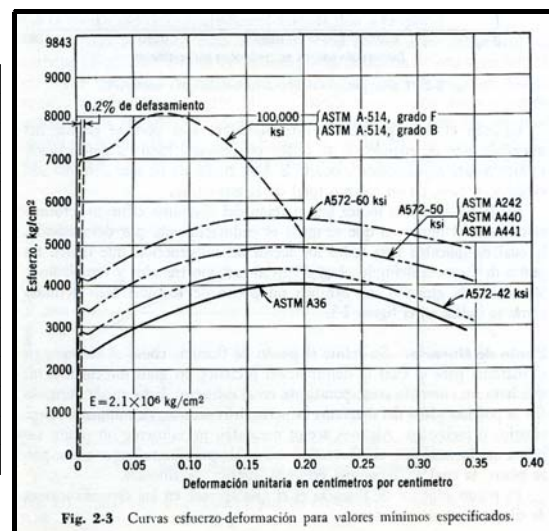


Fig. 2-3 Curvas esfuerzo-deformación para valores mínimos especificados.

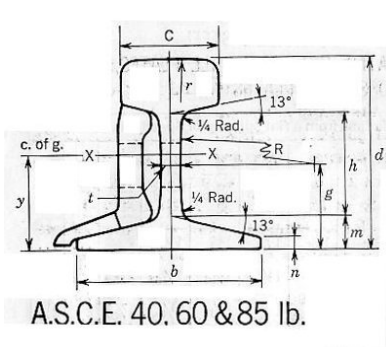
MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

EL ACERO

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Otras clasificaciones

- Aceros A.S.C.E: de 40, 60 y 50lb
- Aceros Bethlehem: de 104, 135, 171 y 175lb
- Aceros U.S. Steel: de 105 y 135lb



MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

Distribución

- Perfil ... Barra de pared delgada.
- Planchas ... llamados chapas(muy raro) o llanta.
 - Pletina ... hasta 6cm.
- Distribución en longitudes de 3m o 6m (inclusive planchas)
- Perfiles abiertos y cerrados (tubos).
- Perfiles tipo I o W ... rolados.
- Perfiles S ... patín ancho.
- Tubos ... circulares o cuadrados.
- Tubos schedule 40 u 80 ... espesores variables.
- Aparecen en catálogos o reglamentos.

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS

MASIAS GUILLEN ESTRUCTURAS