

# ACEROS al C

**Nota: Toda la información y las gráficas están basadas en la página web: [Steeluniversity.org](http://Steeluniversity.org) y se tomaron solo con fines didácticos.**

ELABORÓ MSc EFRÉN GIRALDO T.

15/04/2015

Son aceros **forjados** diseñados para aplicaciones mecánicas e ingenieriles.

Son los aceros que se utilizan para la fabricación de piezas, órganos o elementos de maquinas, motores, vehículos, etc

- La forja se realiza con máquinas herramientas denominadas prensas, que mediante grandes **golpes** o **presiones** conforman determinadas formas y volúmenes. Se usan matrices, troqueles y moldes.
- El **acero forjado** sufre una modificación en **forma y estructura interna**. La **técnica** se **realiza** a una temperatura superior a la de la recristalización ( $\pm$  entre 800 y 900  $^{\circ}$  C o a temperatura ambiente).

# Ojetivos esperados

- **Describir** qué son los aceros al C, para qué se usan y cómo son procesados
- **Seleccionar** los aceros para construcción mecánica apropiados en diversas aplicaciones en el mercado
- **Distinguir** entre barra negra y brillante, varilla y alambre y demás formas y poder interpretar los certificados de ensayo

A ESTOS ACEROS

**Se les exige altos niveles de:**

- **Elasticidad**
- **Resistencia mecánica**
- **Ductilidad o no**
- **Tenacidad**
- **Resistencia a la fatiga**

**E incluso algunas veces resistencia:**

- **A temperaturas altas o bajas**
- **Y a ambientes corrosivos**

## *En general se les pide*

- Buenas propiedades y rendimiento
- Facilitar las técnicas de fabricación de implementos, componentes o partes de maquinaria o equipos de cada sector específico

# Aplicaciones de los aceros en general

- En la industria automotriz ocupan alto % del mercado .
- Ferroviaria
- Explotación petrolera y de gas.
- Minería.
- Energía eléctrica.
- Armamento y defensa.
- Agricultura.
- Química.
- Construcción
- Sectores de la ingeniería y fabricación en general.
- Aeroespacial.

Apliaciones

# Clasificación general de los aceros

- Acero al carbono | Aceros de aleación | Aceros cementados | Aceros de aleación de temple directo | Aceros de corte libre | Aceros microaleados para forjar | Aceros de ultra alta resistencia | Aceros al boro | Otros tratamientos de endurecimiento superficial | Aceros para resortes | Aceros para cojinetes | Aceros para construcción mecánica -



- Por ser los aceros al C los más versátiles y usados, esta presentación se dedica a esta clase de aceros.
- Como se aprecia en la diapositiva anterior los aceros al C hacen parte de los aceros de los aceros en general.

# Introducción a los aceros al carbono

Son aceros para uso mecánico, que se basan principalmente en el contenido de **carbono** para lograr sus propiedades.

El contenido de carbono para aceros prácticos suele variar desde 0.03 a 1.50%.

- No obstante son aleaciones de composición química compleja:

Los aceros al carbono comerciales siempre contienen elementos que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Agregados intencionalmente:** vitales para desoxidación, refinamiento de grano y mejora la resistencia, ductilidad, tenacidad y trabajado en caliente.
- **Impurezas naturales:** se originan a partir de las materias primas usadas en la fabricación del hierro, como el carbón, refractarios, etc.

- **"Elementos residuales"**: normalmente los que proceden de la chatarra pero que pueden ser perjudiciales durante el procesamiento y para las propiedades mecánicas finales.

Se necesita tener control para evitar durezas y resistencias inesperadamente altas, que pueden ser perjudiciales para el maquinado, el conformado y la funcionalidad.

## % ACEPTADOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LOS ACEROS ORDINARIOS AL C

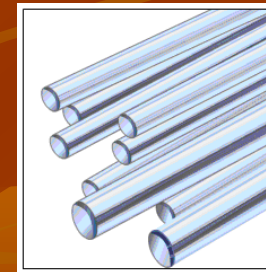
- Silicio: hasta un **0.40%**
- Manganeso: hasta un **1.00%**
- Azufre. hasta un **0.050%**
- Fósforo: hasta un **0.060%**
- Aluminio: no especificado, normalmente **<0.020%**) Cu, Sn, Ni, Cr,
- Mo: normalmente un máximo total de **0.4%**

# Estado de entrega comercial:

- Pueden venir:



- 1- Laminados en **caliente**: aceros que han sido trabajados o deformados a T alta
- 2. Laminados **en frío**: han sido trabajados a T ambiente.



# Producto final:

- **Posterior : mismo anterior**
- **Tratados térmicamente**

# LAMINADOS EN CALIENTE - ROLLO



## Rollo - Aceros bajo

Especificación	Composición Química (% Máximo)					Rango de Dimensión	Descripción y Uso Final
	C	Mn	P	S	Si		
SAE 1005	0.06	0.35	0.030	0.035	-	1	Bajo carbono para piezas de troquelado moderado.
SAE 1006	0.08	0.25 - 0.40	0.030	0.035	-	1	
SAE 1008	0.10	0.30 - 0.50	0.030	0.035	-	1	
SAE 1010	0.08 - 0.13	0.30 - 0.60	0.030	0.035	-	1	
SAE 1012	0.10 - 0.15	0.30 - 0.60	0.030	0.035	-	1	
SAE 1015	0.13 - 0.18	0.30 - 0.60	0.030	0.035	-	1	Medio carbono para fabricación de perfil comercial, tubular y pines.
SAE 1018	0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.030	0.035	-	2	
SAE 1020	0.18 - 0.23	0.30 - 0.60	0.030	0.035	-	2	
SAE 1025	0.22 - 0.28	0.30 - 0.60	0.030	0.035	-	2	
							Piezas de maquinaria, herramientas, etc.





## LAMINADOS EN CLIENTE

### Rollo - Aceros para perfiles y estructuras

Especificación	Composición Química (% Máximo)							Limite Elástico Ksi Mín.	Ultima Tensión Ksi Mín.	% de Elong 2" Min.	Prueba de Dobleza 180°	Rango Dim	Descripción y Uso Final
	C	Mn	P	S	Si	Cb	V						
G 3101-SS-400	-	-	0.050	0.050	-	-	-	35.5	58 - 74	21	1.5 T	<u>1</u>	Estructuras en general, construcciones, etc.
G 3131 SPHC	0.15	0.06	0.050	0.050	-	-	-	-	39.1	31	0.5 T	<u>1</u>	Fabricación general y troquelados.
G 3131 SPHE	0.10	0.50	0.030	0.035	-	-	-	-	39.1	41	-	<u>1</u>	
G 3132 SPHT1	0.10	0.50	0.040	0.040	0.35	-	-	-	39.9	35	0.5 T	<u>1</u>	
G 3132 SPHT2	0.18	0.60	0.040	0.040	0.35	-	-	-	49.7	30	1.5 T	<u>1</u>	
G 3132 SPHT3	0.25	0.30 - 0.90	0.040	0.040	0.35	-	-	-	59.7	25	2 T	<u>1</u>	Tubería soldada estructural.

# Clasificación de los aceros ordinarios al C

Ultrabajo C

Aceros de bajo C

Aceros de medio C

Aceros de Alto C

Ultra alto C

.

# Presentación comercial

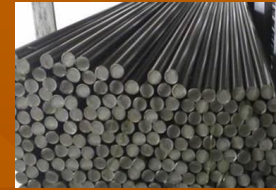
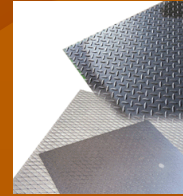
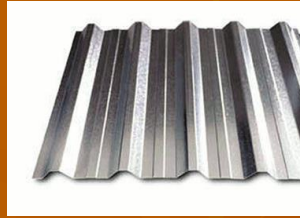
- En bruto de forja o laminación:
- Laminados en caliente
- Laminados en frío

- Cuando se desean resistencias de  $\sigma$  38 a 55 Kg/mm<sup>2</sup> se emplean aceros en bruto de forja o laminación. (tal cual)
- Para resistencias de **55 a 80 Kg/mm<sup>2</sup>** se emplean unas veces los aceros al carbono en **bruto** de forja y laminación, y otras veces se emplean los aceros al carbono **tratados térmicamente** (templados y revenidos).
- Para resistencias superiores a **80 Kg/mm<sup>2</sup>** se suelen emplear **aceros tratados térmicamente**

## ■ Aceros de bajo contenido de C:

- Estos aceros contienen entre 0.05%-0.25% C, no adquieren dureza sensible con un temple.
- Su resistencia media en estado normalizado varia de 35 a 53 Kg/mm<sup>2</sup> y los alargamientos de 23 a 33%.

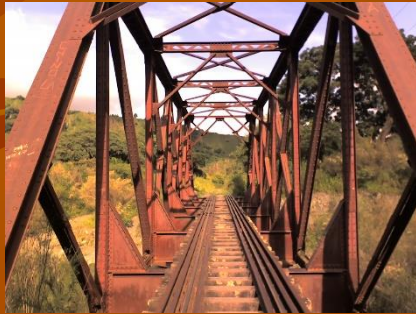
# Usos de los aceros bajo C



Aceros semiduros forjados o laminados para la construcción de piezas de maquinaria en general no muy exigente.

- Y además se fabrican los puentes del ferrocarril, las grandes estructuras de las estaciones, las columnas metálicas de las líneas eléctricas, los cascos de los buques, las estructuras de las casas y edificios, las carrocerías de los automóviles, los tubos de las bicicletas..







- Los clavos, los alfileres, las cerraduras de las puertas, los asientos de las clases y muchos objetos más que utilizamos diariamente.
- Estos aceros en la mayoría de los casos se utilizan tal como vienen de las acerías, sin darles ningún tratamiento térmico especial

# Tratamiento Térmico de estos aceros

- En general, es **muy poco efectivo** el **tratamiento térmico** de bonificado (temple y revenido), por tratarse de aceros con bajo % de carbono
- Cuando quieren fabricarse piezas con esas resistencias en general, conviene utilizar más bien aceros en bruto de forja, laminados o normalizados.

- Sin embargo en casos excepcionales cuando se desea conseguir un balance adecuado de las propiedades del acero, tales como la combinación de resistencia, ductilidad(alargamiento) y alto límite elástico se pueden templar y revenir los aceros de 0.15 a 0.30% de C obteniéndose, resistencias variables de 38 a 55 Kg/mm<sup>2</sup>, alargamientos y límites de elasticidad **ligeramente superiores** a los que corresponden al estado normalizado.

- Cuando se trata de piezas de gran espesor el tratamiento **es casi inútil** porque se presenta el problema de poca penetración de temple o templabilidad.

# Aceros de medio C

Contienen %C entre 0.25%-0.6%

Se emplean en estado bruto de forja o laminación y se suelen emplear para piezas de maquinaria en general

- Aceros de 0.30% de C. Ejes para vagones, ruedas, piezas de maquinaria, etc.
- (R=57 Kg/mm<sup>2</sup>,)
- 
- Aceros de 0.40% e C. Elementos de máquinas y motores, alambres para cables, ejes para locomotoras, etc. (R = 65 Kg/mm<sup>2</sup>)

- Aceros de 0.50% de C. Bandejas, alambres, flejes, herramientas agrícolas forjadas etc. ( $R = 74 \text{ Kg/mm}^2$ ,  $A=17\%$ ).
- Aceros de 0.60% de C. Para fleje duro, alambre, herramientas para agricultura, etc. ( $R = 82 \text{ Kg/mm}^2$ ,  $A = 15\%$ ).

- Los aceros al carbono **templados y revenidos** con porcentajes de carbono variables de 0.25 a 0.55%, se suelen emplear generalmente con resistencias comprendidas entre **55 y 90 Kg/mm<sup>2</sup>** y, a veces, en casos excepcionales, se usan hasta resistencias de **150 a 200 Kg/mm<sup>2</sup>**.

- El empleo de los aceros al medio carbono **templados y revenidos** para la fabricación de piezas con esas resistencias tiene varias ventajas.
- Una muy importante es que el  $\sigma_{ced}$  es más elevado que en los aceros normalizados o recocidos.
- y otra que la combinación de características(**resistencia- alargamiento**) también se mejora.



- En cambio si esa resistencia se consigue templando y reviniendo la pieza después de mecanizada, **el trabajo de torno o fresa se podrá hacer previamente en estado recocido mucho más fácil.**

- En el caso de que por mecanizado haya que quitar material, preferible, como hemos dicho, **mecanizar en estado de recocido y luego templear y revenir**, dejando generalmente en el mecanizado un exceso de medidas para eliminar luego las deformaciones que se producen en el temple y revenido.

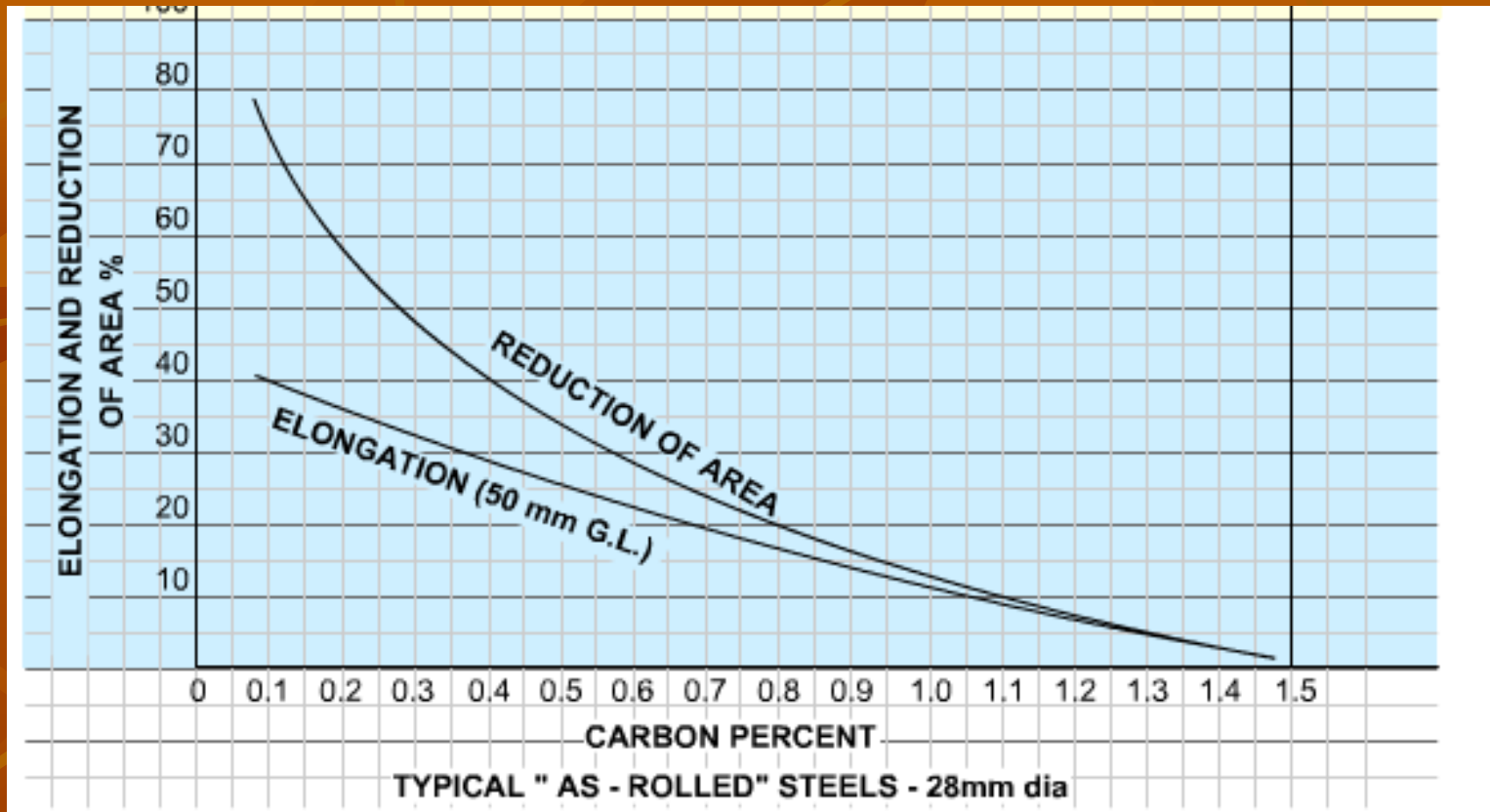
- Cuando la cantidad de material a eliminar por mecanizado es pequeña puede convenir templar y revenir el material y luego mecanizar las piezas pudiéndolas dejar así a las medidas definidas.

# Efecto del contenido de carbono en las propiedades

- El rango de contenido de carbono de los aceros para construcción mecánica o de construcción normal, tiene normalmente un "margen" de cinco puntos, por ejemplo, 0.10-0.15%, 0.40-0.45%, 0.60-0.65%, aunque en ciertas especificaciones puede citarse una diferencia de 10 puntos.

- El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

# % de Elongación y Reducción de Área vs. Aumento de C



Efecto del aumento de C sobre el % de Reducción de Área y el % de Elongación (tomado en probetas de 50mm de longitud inicial y diámetros de 12.5mm). Muestras tomadas para los ensayos a partir de aceros al Carbono laminados de 28mm de diámetro y de diversas composiciones de C.

# Note que:

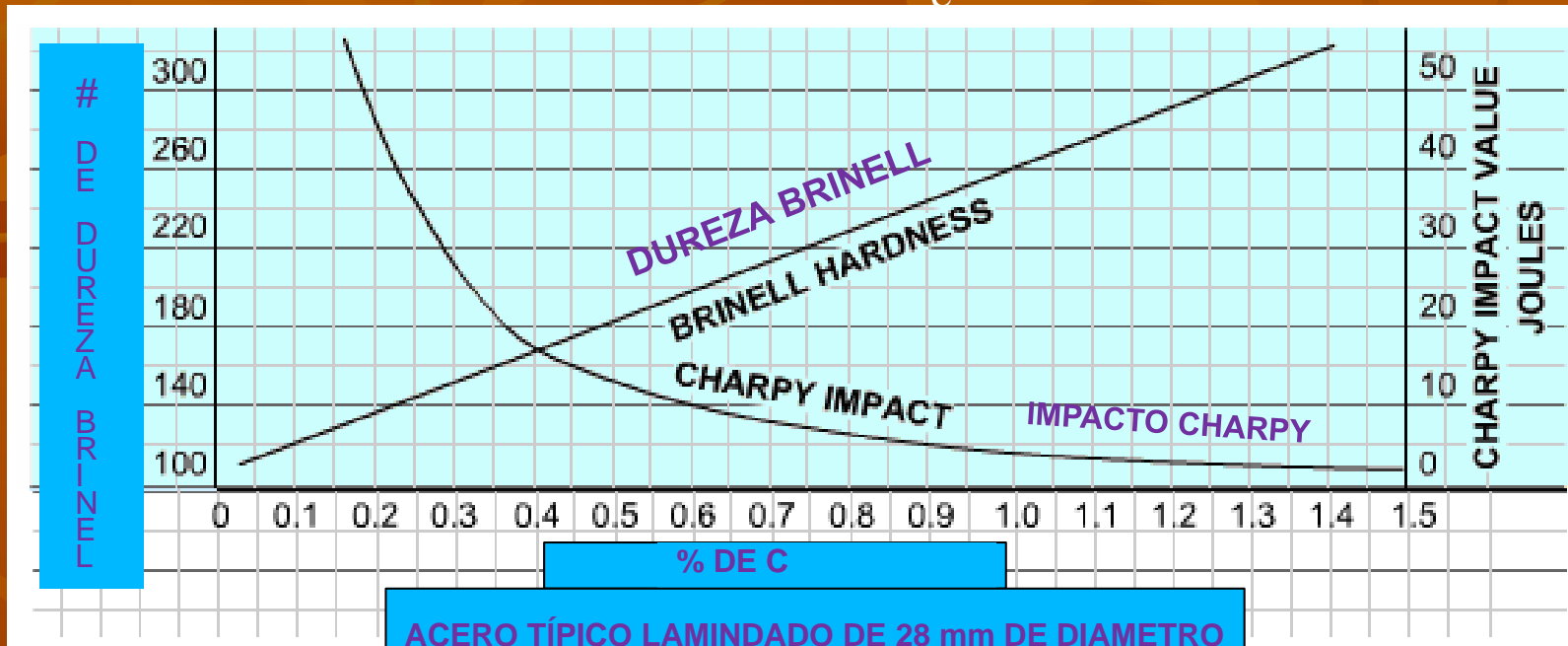
- La gráfica muestra cómo a medida que **aumenta el contenido de Carbono** en los aceros ordinarios al Carbono, **el % de reducción de área disminuye** menos (otra medida de la ductilidad)
- **Igualmente el % de ductilidad es menor.** Por tanto un **acero alto C**, disminuirá menos su **sección transversal** y su **estiramiento  $\epsilon$**  que un acero de medio C y que un acero de bajo C en una prueba de Tracción.

**El acero se vuelve menos dúctil al aumentar el %C.**



# Dureza y Energía de Impacto vs %C en los Aceros

u  
r  
e



Efecto del aumento del % de C sobre la Dureza Brinell y sobre la Energía(joules) necesaria para fracturar una probeta en el ensayo de Impacto para aceros al Carbono laminados de 28mm de diámetro

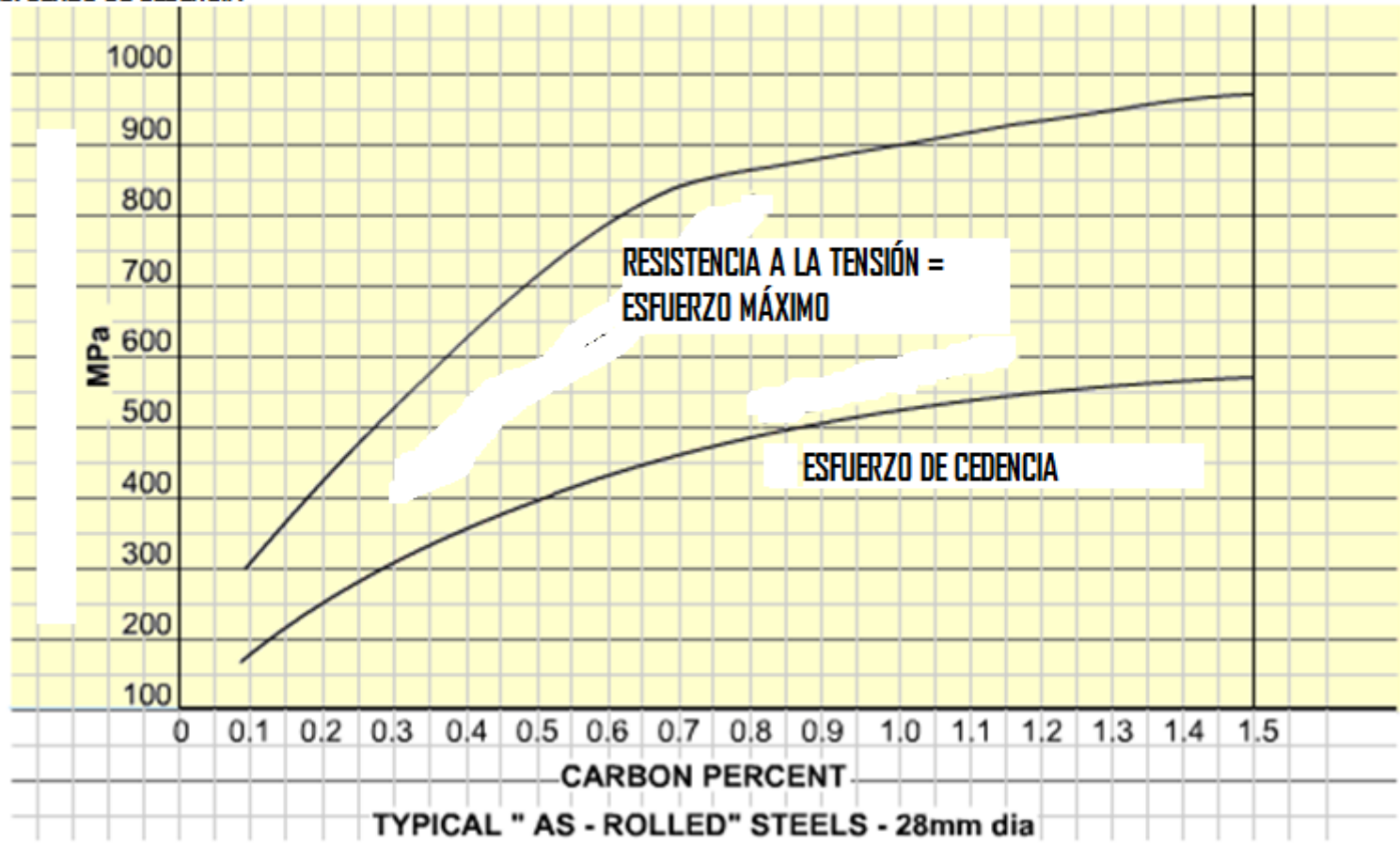
- La gráfica que muestra cómo a medida que **aumenta el contenido de Carbono** en los aceros ordinarios al Carbono, **la Dureza del acero(HB) aumenta** .
- En este caso la relación es lineal y directamente proporcional.
- Por su parte la energía requerida para fracturar la probeta en el ensayo de Impacto se hace menor, o sea que el acero **se hace más frágil**: se fractura más fácilmente.

**Al aumentar el %C el acero se hace más frágil.**

- Esto igualmente se nota fácilmente si hacemos una prueba con una lima y un clavo común y corriente.
- Colocamos la lima(acero alto  $C \approx 0.80\%$ ) en una prensa y la golpeamos súbitamente, inmediatamente se fractura, en cambio el clavo se dobla. Esa es al diferencia entre fragilidad y ductilidad.

- El material Dúctil tiene al capacidad de absorber energía.
- **El frágil poca o ninguna**

ESFUERZO MÁXIMO  
ESFUERZO DE CEDENCIA



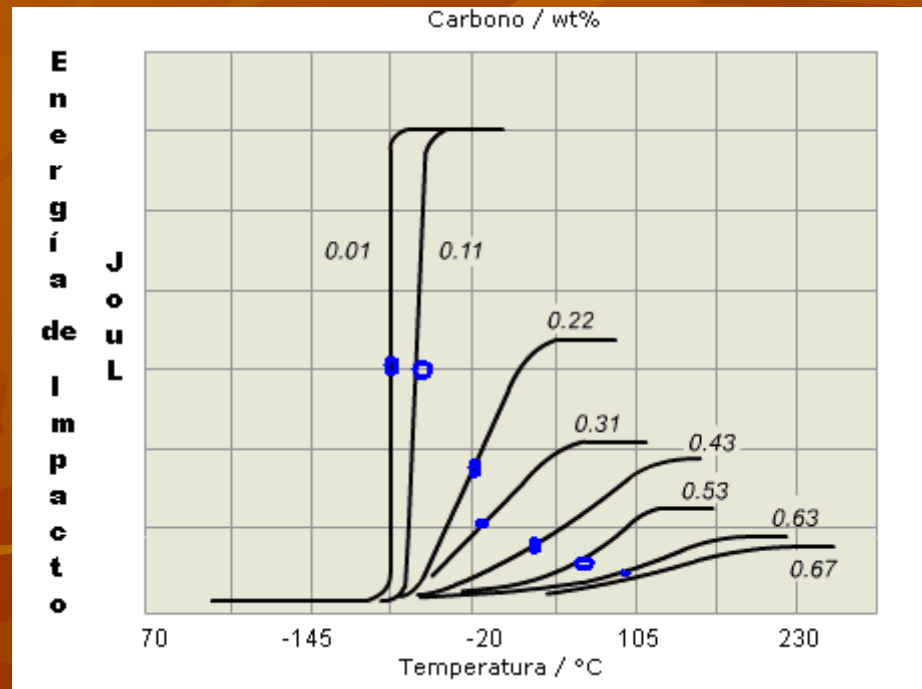
**Efecto del aumento del % de C sobre el esfuerzo de resistencia máxima y sobre el esfuerzo de cedencia para aceros al Carbono laminados de 28mm de diámetro**

15/04/2015

ELABORÓ MSc EFRÉN  
GIRALDO T.

45

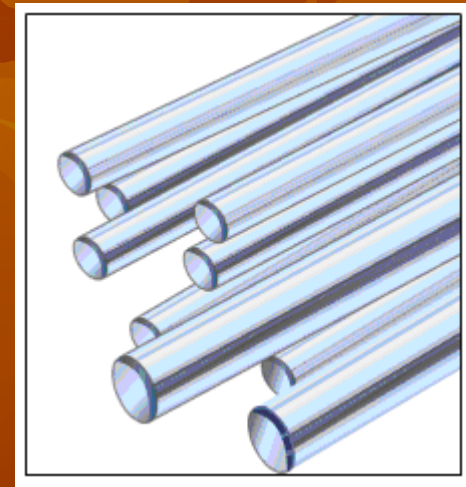
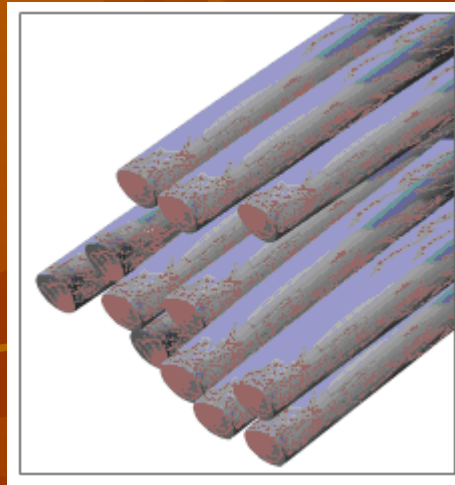
# Curvas de energía de impacto vs. Temp. en aceros ordinarios al C al aumentar el %C



**Efecto del aumento en contenido de C en las curvas de impacto**

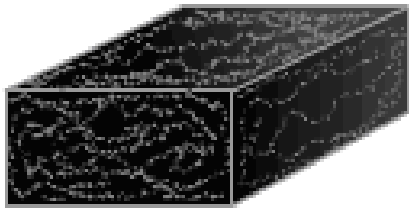
# Formas de los productos de Aceros Ordinarios al C.

- Laminados en Caliente con cascarilla de **color negro** debido a la oxidación a T alta

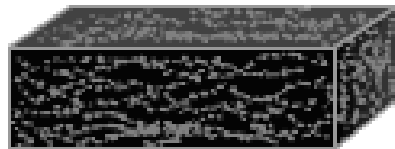


- Trefilados a T ambiente: son de **color brillante** por no presentar cascarilla de oxidación.

# Laminados en caliente (negro)



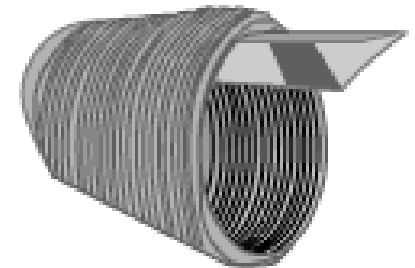
Tochos rectangulares



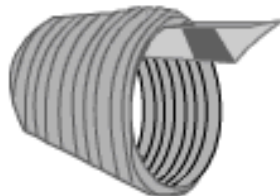
Palanquillas  
cuadradas



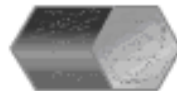
Barras redondas



Varilla en rollo



Barra en rollo



Hexagóno



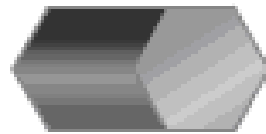
Cuadrados



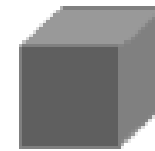
Trefilados en frío  
(brillante)



Redondos



Hexágono



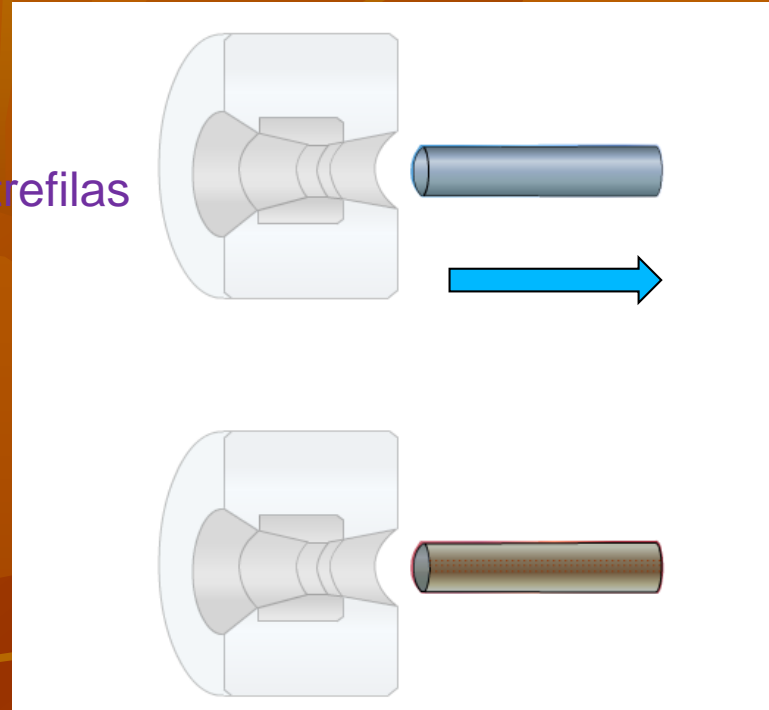
Cuadrados

# Comverción de Barra negra a barra brillante

- Las barras negras de acero al carbono son convertidas en barras brillantes por cualquiera de los métodos enumerados a continuación:

# TREFILADO

hileras, dados o trefilas



- Es la reducción o estirado de un material en frío, por pasos sucesivos a través de hileras, dados o trefilas de carburo de tungsteno cuyo diámetro es paulatinamente menor.

- **Trefilado** por medio de matrices de carburo de tungsteno (a veces acero templado).
  - **Diámetro de 10-42 mm** – normalmente trefilado en una máquina Schumag, a partir de un rollo laminado en caliente.
  - **Diámetro de 40-100 mm.** – a partir de una barra laminada en caliente en un banco de estirado de barras.
- **Remoción de la superficie por torneado** en un torno o 'pelado' de la superficie en una máquina peladora de barras.
- **Remoción de la superficie por rectificado** (aplicaciones especiales y más costosas).

# Barras y alambres trefilados en frío

- Los productos trefilados en frío son fabricados a partir de **rollos laminados en caliente**, de barras ó alambrones con un diámetro máximo de 44mm o a partir de barras rectas laminadas en caliente.
- Los cables son trefilados a partir de **alambrones de menos de 15mm** de diámetro.

# Productos

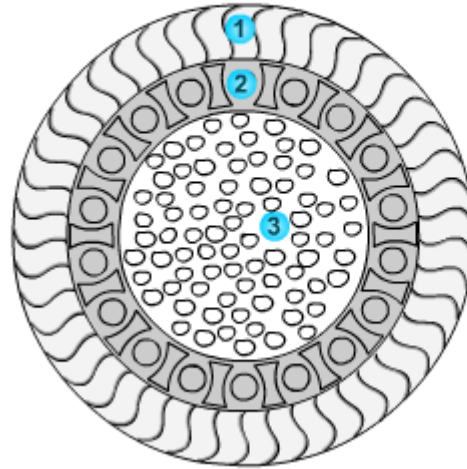
Alambrón



Cables de acero alto carbono



VISTA EN CORTE DE UN CABLE DE ACERO PARA MINERIA



Este es un cable de

- Este es un cable de "espiras cerradas". La porción con capacidad de carga (3) está protegida por dos capas: La capa externa de espiras cerradas (1) y la capa intermedia de espiras cerradas (2).

- La espira **cerrada consiste de cables de acero de bajo carbono** (sin capacidad de carga). Su función es proteger al cable de alto carbono; si uno de ellos se fracturase debido a la fricción del material, puede salirse de la posición bajo circunstancias catastróficas. Esto es normalmente provocado por "deslizamiento" en ausencia de lubricante



# Usos de los Aceros al C

- El costo relativamente bajo y la versatilidad de los aceros al carbono han resultado en el uso de estos aceros en diversas aplicaciones como las enunciadas a continuación.

## Aplicaciones de los aceros al carbono

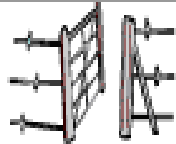
### Barras laminadas en caliente y trefiladas en frío

0-0.25% C	Partes torneadas (donde los grados de corte libre no están permitidos), componentes estructurales para maquinaria (manufactura), cremalleras, clasificadoras, cuerpos de válvula, accesorios, herramientas.
0.26-0.59% C	Tornillos, tuercas, ejes, engranajes, vástagos, autopartes de resistencia a la rotura media.
>0.60% C	Engranajes, ruedas dentadas, cremalleras, grados de endurecimiento por llama/inducción, grados de temple al agua para rodillos (50/52 RC), cuchillas de corte de precisión (52/57 RC), picos (54-57 RC), tenazas (55-58 RC), destornilladores (58-60 RC), llaves inglesas (38/42 RC), taladros para roca (58-62 RC).
0.80-1.4% C	Mordazas para torno de banco (56-58 RC), machos de roscar grandes (60-62 RC), escariadores (63-33 pct)

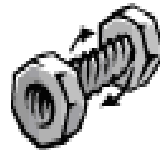
- Broches para libros
- Perchas
- Portatostadas
- Herraduras
- Componentes de juguetes
- Piezas de bicicletas
- Autopartes de media y baja sollicitación
- Maquinaria agrícola
- Carros de supermercado
- Cercos
- Herramientas
- Elementos de fijación



Clips  
sujetapapeles



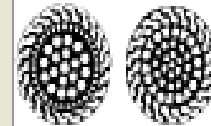
Alambrado  
militar de  
púas



Bulón  
tratado  
térmicamente



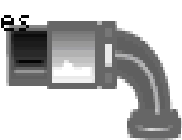
Cremallera  
de dirección



Cables de  
acero para  
minería



Cables de  
suspensión  
de puentes



Accesorios  
para  
tuberías de  
petróleo



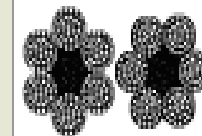
Agujas



Resortes  
para  
colchones



Taladros



Cables para  
elevadores



Martillo



15/04/2015

ELABORÓ MSc EFRÉN  
GIRALDO T.

61











## 2.3. Aleaciones de Mg, Ti, Ni



## 2.4. Aleaciones de cobre



28



■ Thanks