

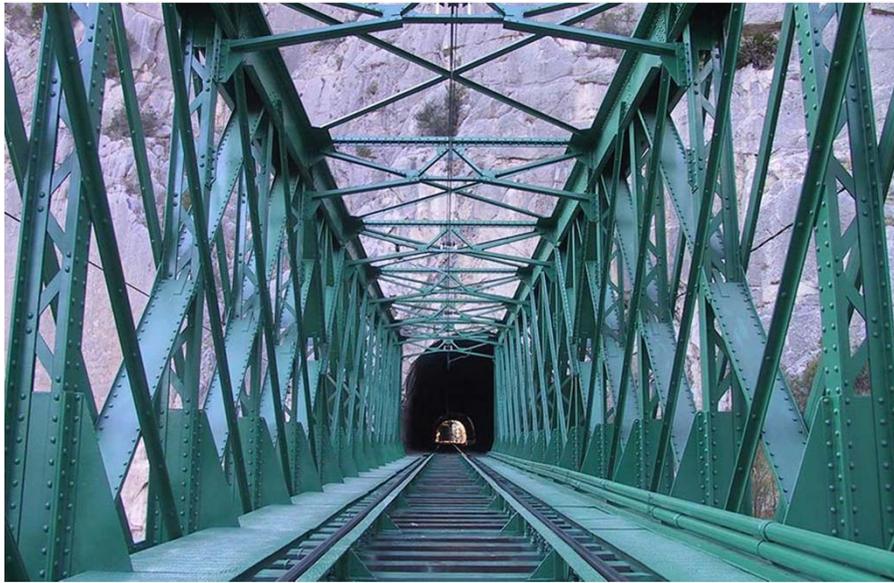
Ingeniería de Materiales  
Facultad de Ingeniería - UNJU

# ACEROS















## Acero

- *“Aceros, son aleaciones hierro-carbono, con tenores de carbono menores de 2 %, que contienen impurezas (P, S, Si) y eventualmente algunos elementos de aleación (Cr, Mo, N, Ni, W, Mn, V, Ti, Co, Nb, Al)”.*



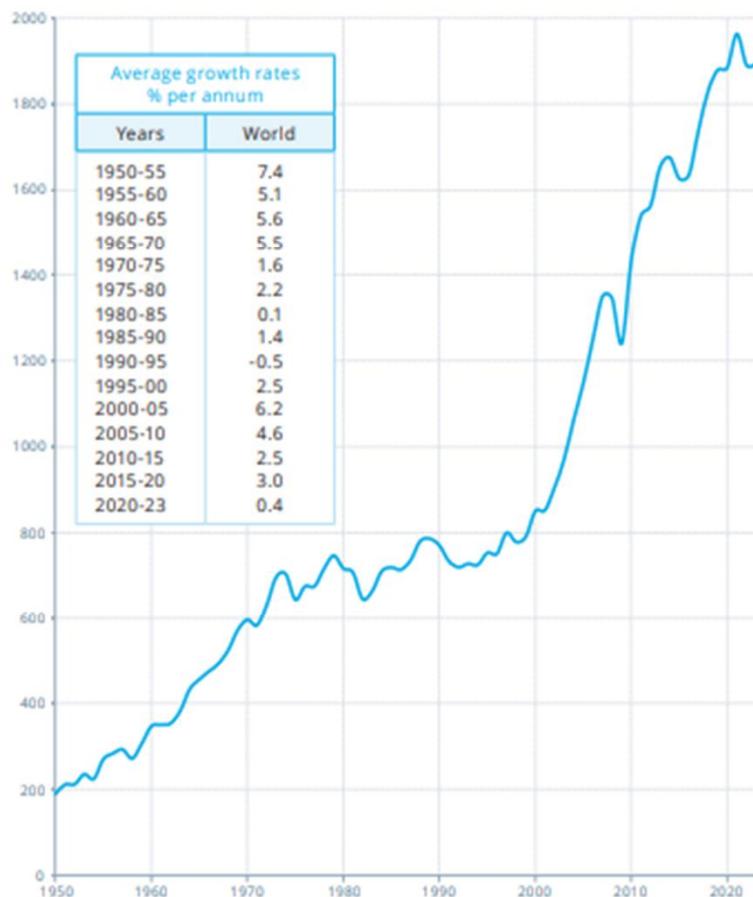
## million tonnes, crude steel production

Years	World
1950	189
1955	270
1960	347
1965	456
1970	595
1975	644
1980	717
1985	719
1990	770

Years	World
1995	753
2000	850
2005	1 148
2010	1 435
2011	1 540
2012	1 563
2013	1 654
2014	1 676
2015	1 627

Years	World
2016	1 635
2017	1 739
2018	1 831
2019	1 880
2020	1 885
2021	1 963
2022	1 890
2023	1 892

## million tonnes, crude steel production



# Producción Global de Acero 2023



La producción total de acero crudo en el mundo fue de:



## Top 10 países productores 2023

Millones de Toneladas

México ocupa el lugar 14 con 16.3 millones de toneladas, una disminución de -11.6% respecto a 2022 (18.4 Mt).



Fuente: Worldsteel



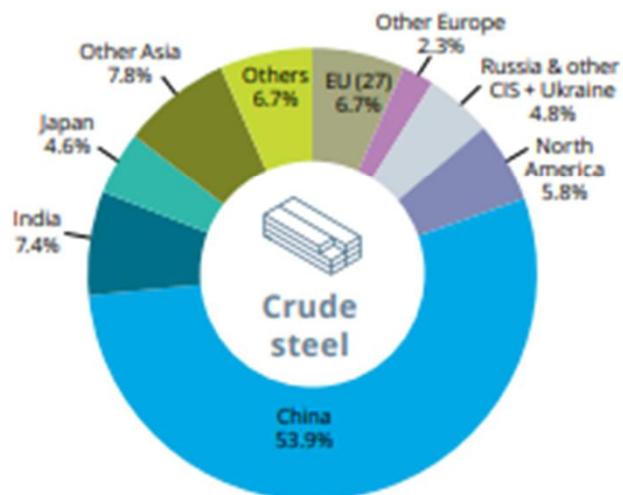
cronos-steeltrading.com 444 581 2039



## Steel production and use: geographical distribution, 2023

### Crude steel production

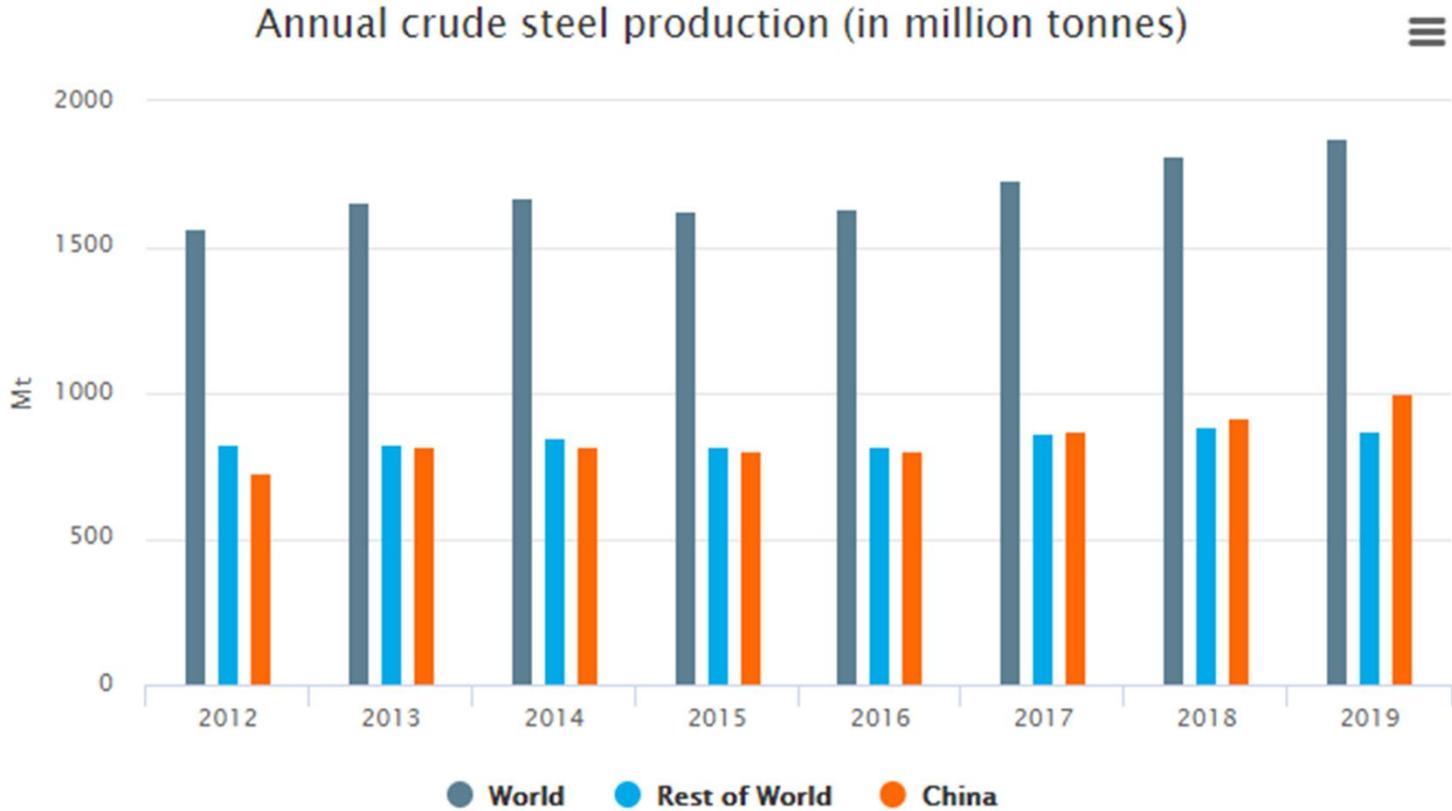
World total: 1 892 million tonnes



#### Others comprise:

Africa	1.3%	South America	2.2%
Middle East	2.9%	Australia and New Zealand	0.3%

Global crude steel production reached 1,869.9 million tonnes (Mt) for the year 2019, up by 3.4% compared to 2018. Crude steel production contracted in all regions in 2019 except in Asia and the Middle East.



Producción Año 2024: 1.839 millones de toneladas

# Datos de la producción de acero en la Argentina

Miembros: Acindar, Tenaris-Siderca, Ternium Siderar, AcerBrag, Sipar–Gerdau  
Argentina ocupa una posición marginal en la producción mundial de acero crudo, con un 0,27%.

Sin embargo, se destaca en el segmento de tubos sin costura, con el 1,8% de la producción mundial.

La capacidad instalada de 7 millones de toneladas de Acero Crudo. La facturación consolidada es superior a US\$ 4,500 Millones. En conjunto exportan por más de US\$ 1,500 Millones de dólares anuales

En la región, Brasil ocupa el noveno lugar a nivel mundial, con el 1,8%.

Fuente: Cámara Argentina del Acero

La producción argentina de acero cayó un 26% en 2024, según la Cámara Argentina del Acero, CAA. El sector siderúrgico argentino enfrenta desafíos como costos elevados y competencia desleal, aunque proyecta un repunte gracias a la demanda energética.

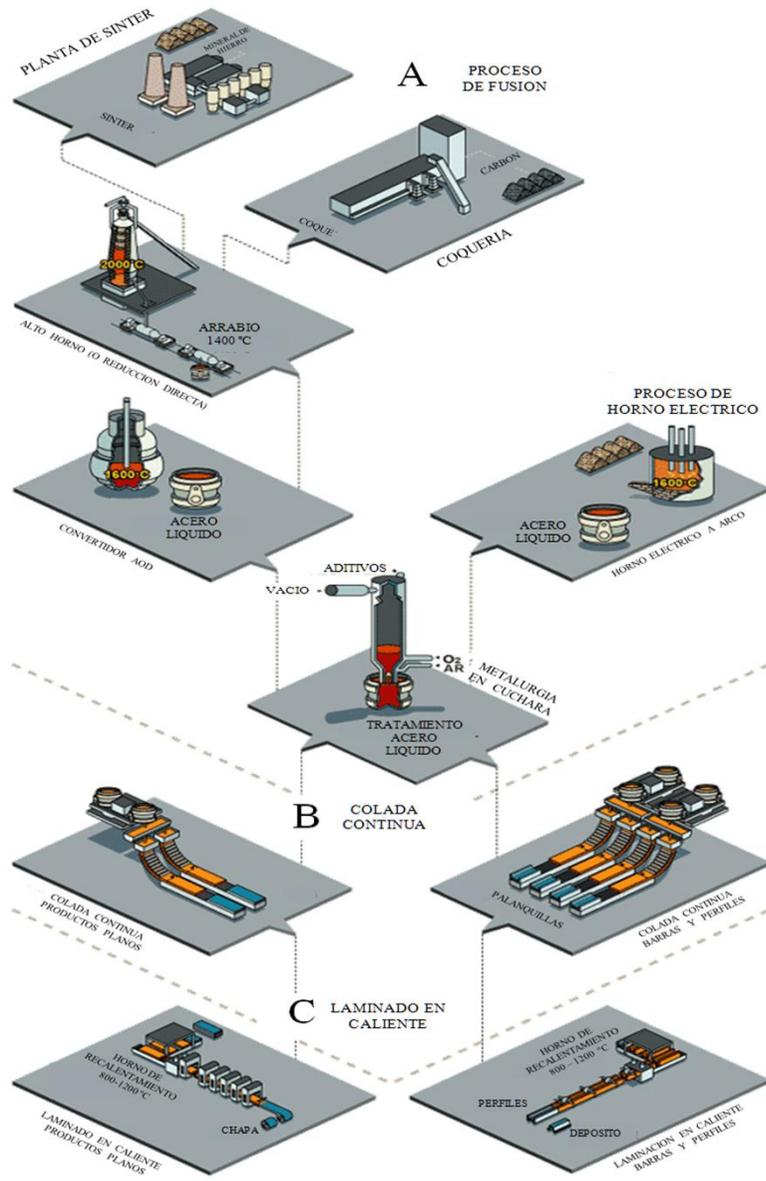
Durante diciembre, la producción de acero crudo alcanzó 256,300 toneladas, lo que representa un descenso del 24.3% en comparación con noviembre y un 23.1% menos que el mismo mes de 2023.

El sector atribuye esta baja a paradas de mantenimiento, ajustes de stock y una demanda deprimida. Sin embargo, para 2025 se proyecta una recuperación impulsada por el crecimiento del sector energético, aunque persisten desafíos estructurales que limitan la competitividad de la industria.

Fuente: Cámara Argentina de Acero

# ACEROS. GENERALIDADES

# Proceso Productivo



# Calidad del acero

- Composición Química
- Nivel de impurezas
- Grado de Limpieza
- Propiedades mecánicas
- Tamaño de grano
- Calidad de la microestructura

Referidos a productos semielaborados  
(terminados en acerías y plantas de  
laminación o forja)

## OTROS FACTORES

- Nivel de defectos superficiales
- Nivel de defectos internos
- Grado de decarburación
- Contenido de gases (por ejemplo en la actualidad se exige un valor de 1 ppm de hidrógeno en piezas forjadas de responsabilidad).
- Homogeneidad química.

# Composición Química

Análisis de colada y de comprobación. Sobre productos terminados se aplica el check análisis o análisis de comprobación.

Norma SAE (Society of Automotive Engineers), especifica la composición química de aceros destinados a elementos de máquinas de la industria automotriz.

Las normas ASTM, en general contienen a los aceros estructurales.

DIN (Deutsches Institut für Normung )

AISI (American Iron and Steel Institute)

ACI (American Casting Institute)

## Nivel de impurezas

Las impurezas del acero son fósforo, azufre y silicio

P: se disuelve y endurece, disminuye la tenacidad. Forma fosfuro de hierro. Forma un compuesto ternario (steadita), frágil y de bajo punto de fusión.

S: forma sulfuro de hierro, con la austernita, un eutéctico de bajo punto de fusión.

Si: Menor a 0,25 -0,35 %. Forma silicatos

## Limpieza del acero

### Integridad

ASTM E45

Tipo

- A \* Aluminatos
- B ~ Silicatos
- C ● Óxidos
- D — Sulfuros

Serie fina Serie gruesa

Tamaño

- 1
- 2
- 3

### Fragilidad

Contenido de Hidrogeno

H<sub>2</sub>; H<sup>+</sup>; H

1980	8-12 ppm
1990	4-8 ppm
2000	1-2 ppm
Actual	<1 ppm

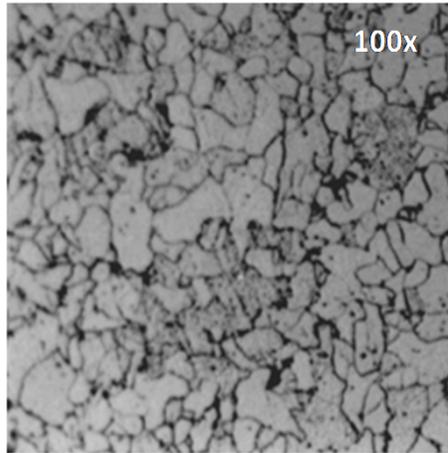
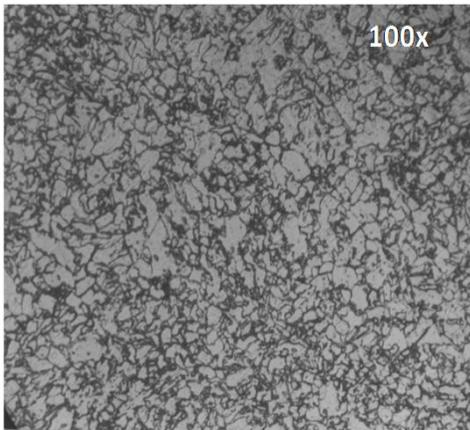
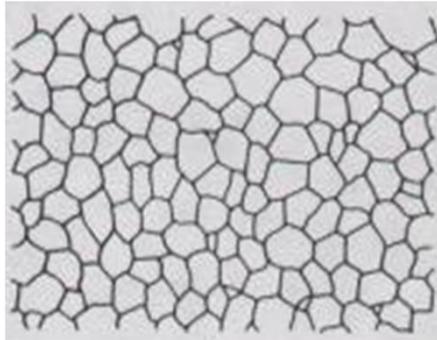
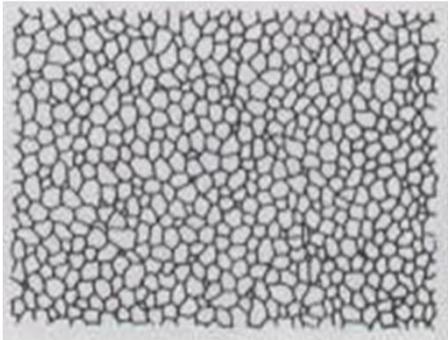
## Propiedades Mecánicas

Las normas ASTM. en general contienen requisitos de propiedades mecánicas, dependiendo del uso final del semielaborado o del producto terminado.

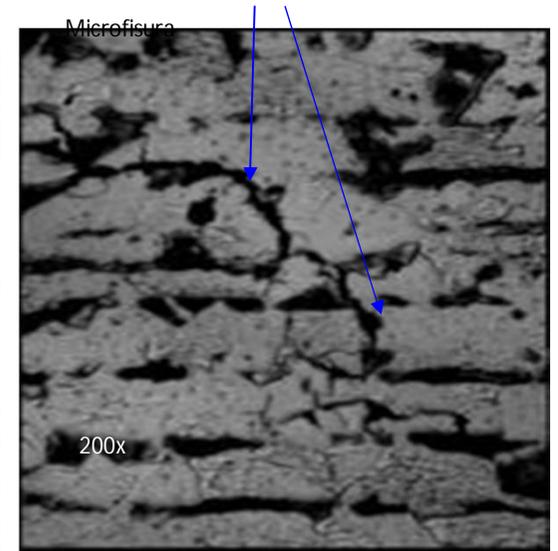
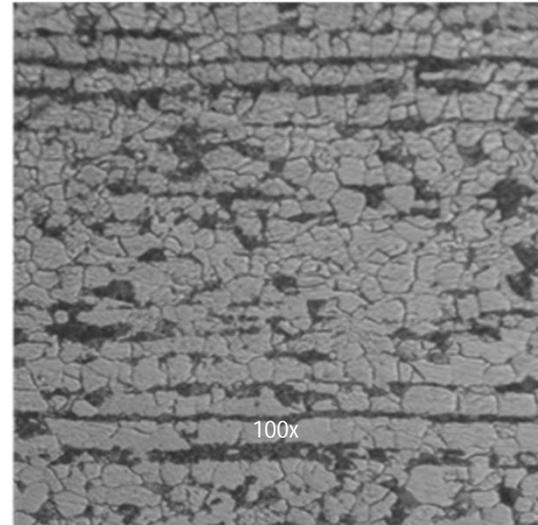
Otras normas de extenso uso en el campo industrial son BS (British Standard), DIN (Deutsches Institut für Normung), ISO ([International Organization for Standardization](#)).

Ejemplo: la norma DIN 17100, da datos de especificación técnica de aceros estructurales, tanto en composición química como en propiedades mecánicas.

## Tamaño de grano



## Calidad en la microestructura



ESPECIFICACION TÉCNICA (La exigencia dependerá de los requerimientos en servicios del elemento o componente)

Análisis químico

Nivel de inclusiones no metálicas ASTM E45

Tamaño de grano ASTM E112

Propiedades mecánicas

Microestructura (sin bandas de carburos)

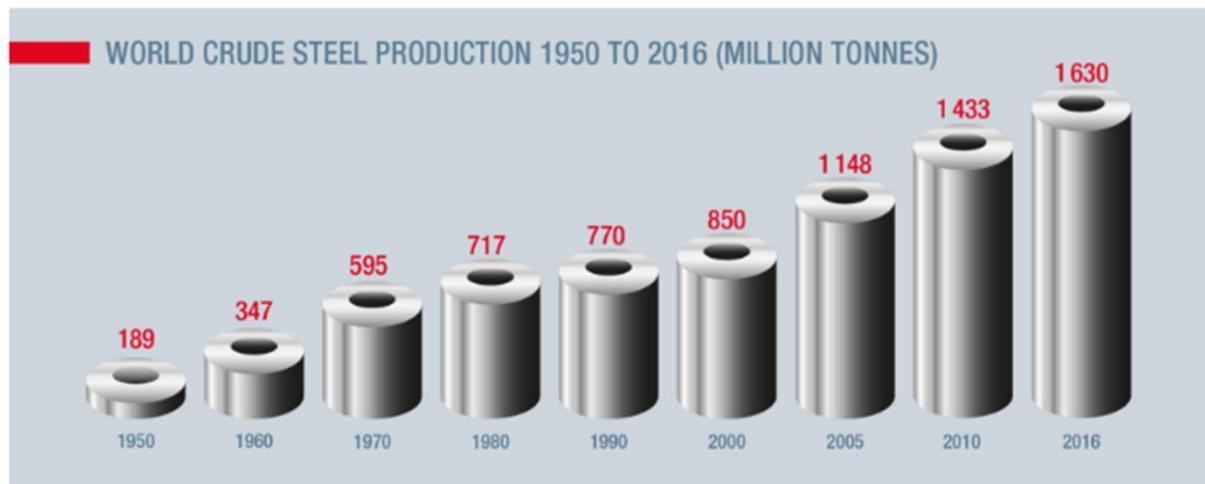
Otros

## ACEROS ESTRUCTURALES

Los aceros estructurales constituyen el grupo de aceros producido en mayor tonelaje en todo el mundo

### WORLD STEEL IN FIGURES 2017

STEEL AS A PRODUCT IS SO VERSATILE AND FUNDAMENTAL TO OUR LIVES THAT IT IS CONSIDERED ESSENTIAL TO ECONOMIC GROWTH.

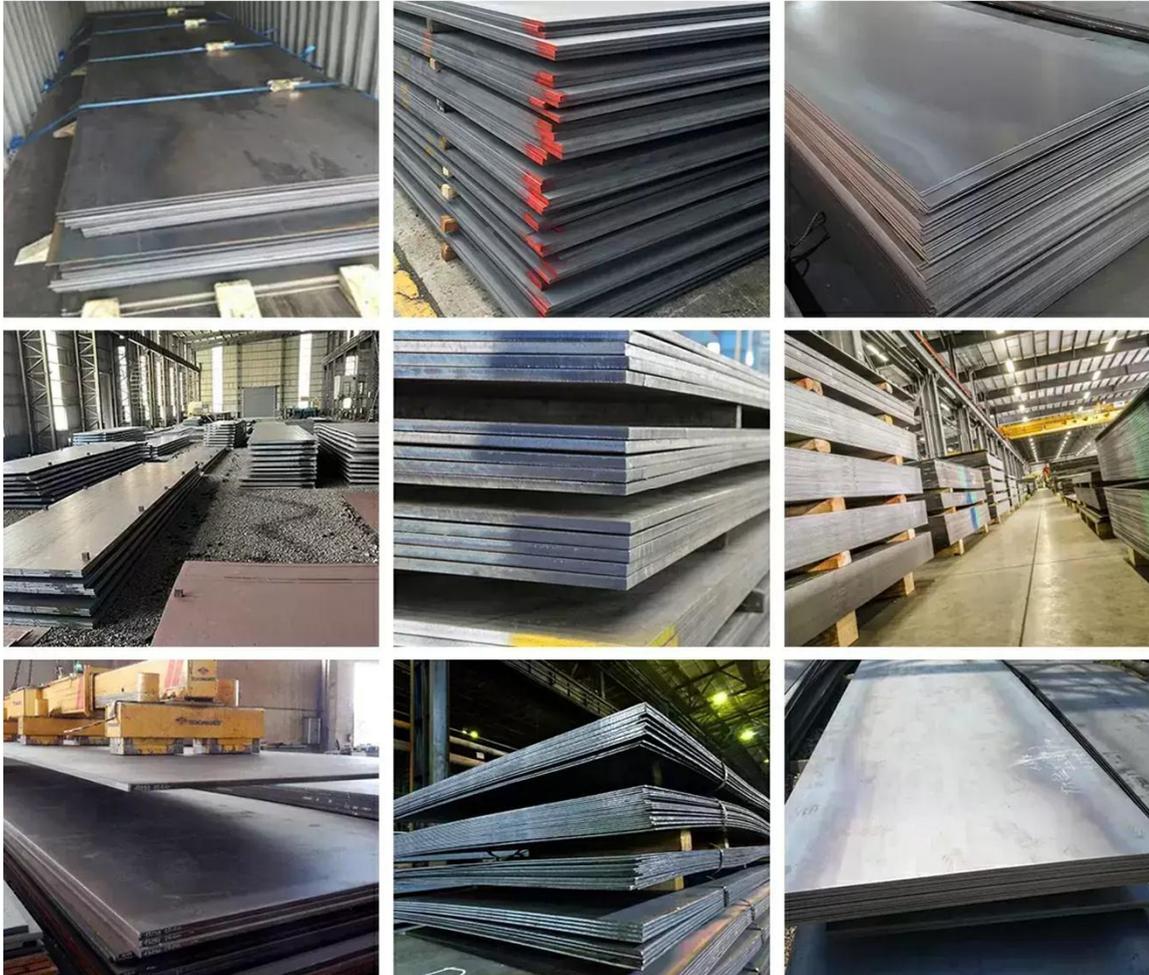


82 % estructurales  
8 % inoxidables  
6 % aceros  
construcción mecánica  
4 % aceros para  
herramientas

<https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/world-steel-in-figures-2017.html>

# PRESENTACIONES COMERCIALES DEL ACERO

## CHAPAS



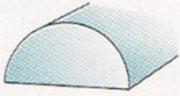
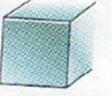
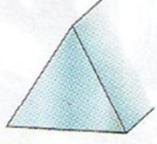
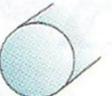
Ej: Las medidas comunes de las láminas

- 1.000 x 2.000 mm
- 1.220 x 2.440 mm
- 2.500 x 1.250 mm

## Chapas calibradas

Galga <span>▼</span>	Espesor (in) <span>▼</span>	Espesor (mm)			
3	,239	6,07	16	,060	1,52
4	,224	5,69	17	,054	1,37
5	,209	5,31	18	,048	1,21
6	,194	4,94	19	,042	1,06
7	,179	4,55	20	,036	0,91
8	,164	4,18	21	,033	0,84
9	,149	3,80	22	,030	0,76
10	,134	3,42	23	,027	0,68
11	,120	3,04	24	,024	0,61
12	,105	2,66	25	,021	0,53
13	,090	2,28	26	,018	0,45
14	,075	1,90	27	,016	0,42
15	,067	1,71	28	,015	0,38
			29	,013	0,34
			30	,012	0,30



	
Media caña	Pletina
	
Cuadrada	Triangular
	
Hexagonal	Redonda

**Barras.**

- Son piezas mucho más largas que anchas, macizas y de secciones variables.
- Las barras más utilizadas tienen sección rectangular (pletinas), triangular, redonda, semicircular (media caña), cuadrada o hexagonal.
- Si la sección de la barra es redonda y su diámetro es inferior a 5 mm, teniendo una gran longitud, se denomina alambre.
- Cuando las pletinas tienen un espesor muy pequeño y gran longitud se denominan flejes.

# BARRAS

## DIFERENTES PERFILES ESTRUCTURALES



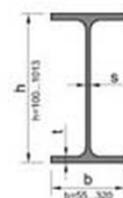
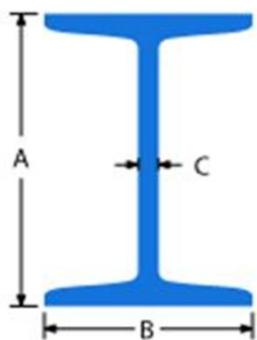
# PERFILES

- Son piezas huecas de secciones variables, cuya longitud puede oscilar entre 5 y 12 metros.
- Los perfiles más usuales son: angular, IPN (doble T), en T, tubular, cuadrado y rectangular.
- Existen otros perfiles, denominados especiales, que se emplean para otros usos, como ventanas, puertas de coches, estructuras de aviones, etc.

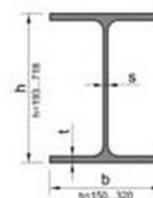
## Hierro Perfil IPN

Dimensiones en mm.

A	B	C	Nº	Kg. x Metro
80	x 42	x 3,9	8	5,950
100	x 50	x 4,5	10	8,320
120	x 58	x 5,1	12	11,200
140	x 66	x 5,7	14	14,400
160	x 74	x 6,3	16	17,900
180	x 82	x 6,9	18	21,900
200	x 90	x 7,5	20	26,200
220	x 98	x 8,1	22	31,100
240	x 106	x 8,7	24	36,200
260	x 113	x 9,4	26	41,900
280	x 119	x 10,1	28	48,000
300	x 125	x 10,8	30	54,200
320	x 131	x 11,5	32	61,000
340	x 137	x 12,2	34	68,000
360	x 143	x 13,0	36	76,100
400	x 155	x 14,4	40	92,300



Perfil IPE estándar



Perfil HE ala ancha



Perfil HEM ala ancha para pilares



# ACEROS ESTRUCTURALES

# APLICACIONES

Obras de ingeniería civil (edificios, puentes, represas y estructuras de hormigón armado en general).

- Grandes estructuras marinas (cascos de barcos, estructuras offshore).
- Cañerías de conducción de gas y petróleo (pipelines).
- Recipientes a presión.
- Tanques de almacenamiento.
- Vehículos (bastidores y chasis de transporte pesado, maquinaria de minería y remoción de tierra).
- Tuberías.



## REQUERIMIENTOS GENERALES

- Alta tensión de fluencia ( $R_{p0,2}$ ). Esto tiende a reducir la cantidad de material lo que contribuye a reducir la cantidad de acero de las estructuras y facilita el transporte y montaje de la estructura.
- **Alta tenacidad** (es importante en prevención de fallas frágiles catastróficas).
- Buena soldabilidad (bajo Carbono y Carbono equivalente, disminución del contenido y longitud de las inclusiones alargadas para prevenir el desgarramiento laminar).
- Alta conformabilidad (por ej. en casos de necesidad de estampado profundo de piezas tales como capots y puertas de vehículos).
- Bajo costo (dado que es elevada la incidencia del costo del material en el costo total de las estructuras).

## Aceros estructurales

Ductilidad

Tenacidad

Resistencia al  
impacto

Plasticidad

Conformabilidad

Soldabilidad



Fragilidad

## PRINCIPIOS DE DISEÑO

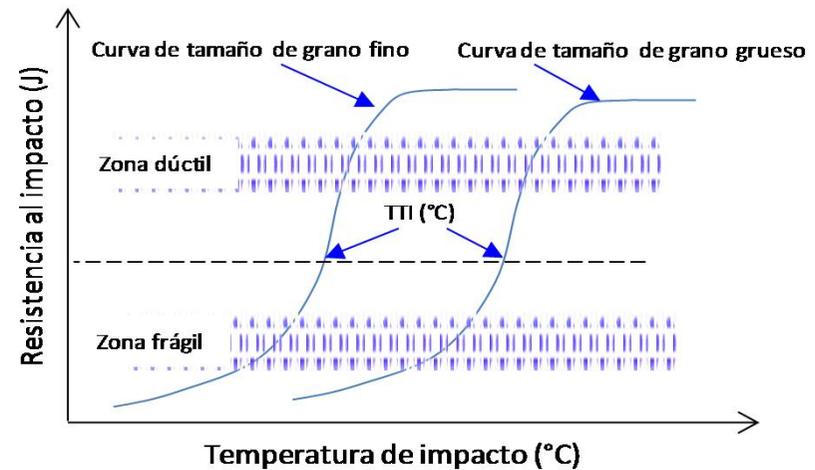
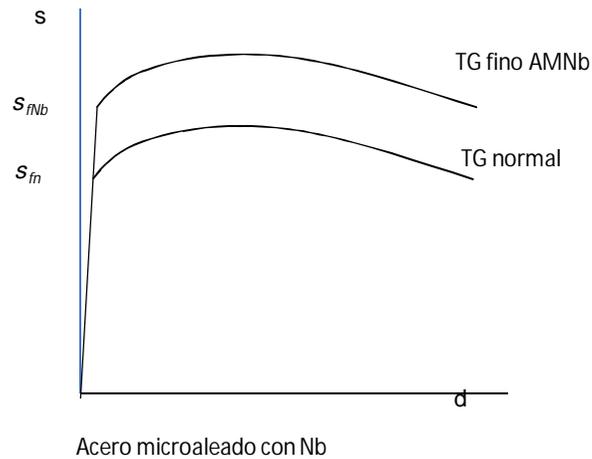
- Se requiere bajo carbono para lograr alta tenacidad, soldabilidad y conformabilidad
  - Se busca la obtención de resistencia mecánica mediante el mecanismo de endurecimiento por reducción de tamaño de grano, de manera de no afectar la tenacidad ni la soldabilidad
  - Se trata de minimizar la cantidad de aleantes y evitar la aplicación de tratamientos térmicos para lograr las propiedades
  - Los estructurales comunes contienen solo Mn como aleante
- 
- BAJO PORCENTAJE DE CARBONO ( en general, menor a 0,25 %)
  - MICROESTRUCTURA: FERRÍTICA PELÍTICA, CON PREDOMINANCIA DE FERRITA

# Mecanismos de endurecimiento

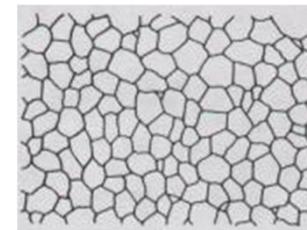
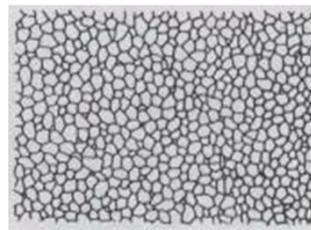
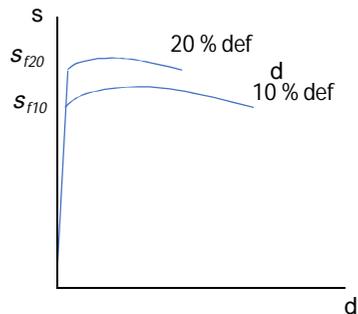
## Ecuación de Hall y Petch

$$\sigma_y = \sigma_0 + K \cdot D^{-1/2}$$

La tensión de fluencia  $s_y$  es inversamente proporcional al tamaño de gran  $D$ , sin pérdida de ductilidad

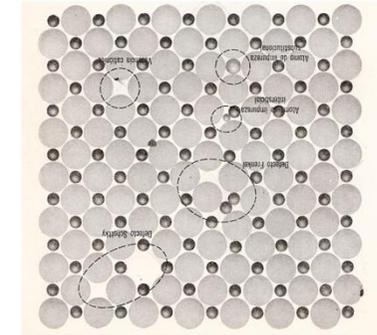
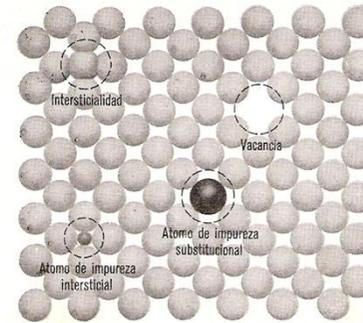


## Endurecimiento por deformación en frío



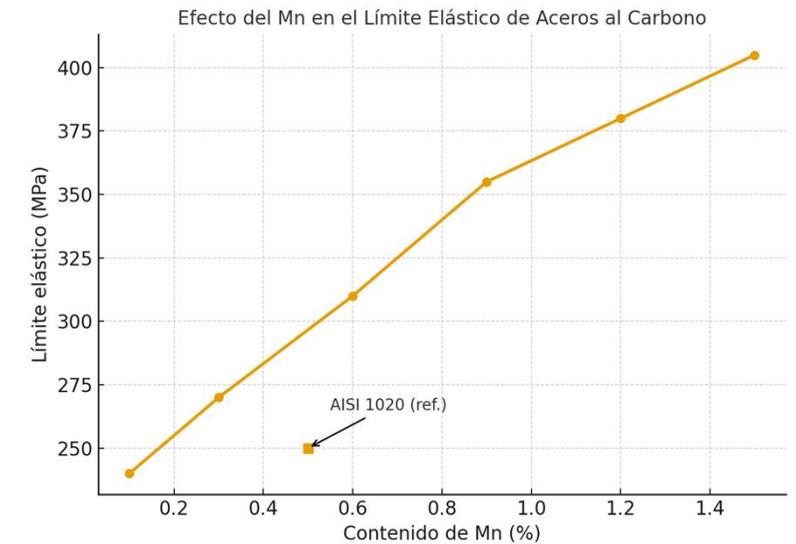
## FUNCIÓN DEL Mn

Endurecimiento por solución sólida



Control de impurezas (S)

El Mn se combina con el azufre formando MnS (inclusiones blandas), evitando la formación de FeS, que genera fragilidad en caliente.



# CLASIFICACIÓN

Desde el punto de vista tecnológico

- **Aceros al C:** La microestructura es de tipo ferrítico-perlítica. se usan en estado laminado y son los de menor resistencia mecánica. La tensión de fluencia no supera los 270 MPa. El ejemplo más común es el de los aceros que responden a la norma ASTM A-36.
- **Aceros al C-Mn:** misma estructura y estado que los del grupo anterior solo que el mayor porcentaje de Mn hace que se pueda lograr una mayor resistencia. Tensiones de fluencia mínimas entre 275 y 350 MPa.
- **Aceros microaleados (HSLA):** son aceros al C-Mn a los que se adiciona pequeñas cantidades de elementos formadores de carburos, nitruros o carbonitruros (Nb, V, Ti), con el objeto de refinar el tamaño de grano de la estructura y para lograr endurecimiento por precipitación. Existen algunos (como los aceros de ferrita acicular) en los que se agrega además algunos otros aleantes que modifican las curvas de transformación. Se usan en estado normalizado o de laminado controlado. Las tensiones de fluencia van desde 350 hasta 690 MPa.

## Aceros estructurales

ASTM N°	MICRONES
0	508
1	254
2	179,6
3	127
4	89,8
5	63,5
6	44,9
7	31,8
8	22,5
9	15,9
10	11,2
11	7,9
12	5,6
13	4
14	2,8

Aceros Microaleado  
con Nb

Aceros C – Mn Tamaño de  
grano normal  
ASTM A36

# Aceros estructurales

## Propiedades mecánicas

Resistencia mecánica (Tensión de fluencia, alargamiento, resistencia máxima): Ensayo de tracción

Resistencia al impacto: Ensayo de impacto

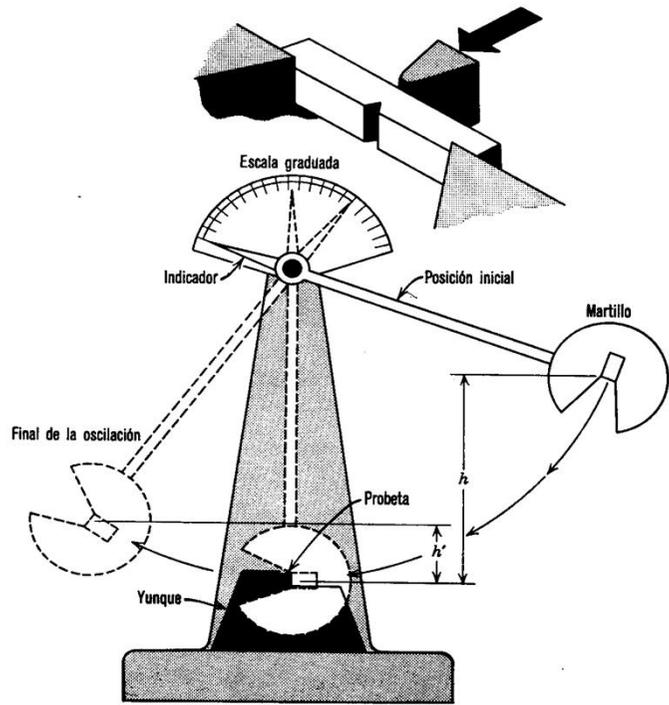
Dureza: Ensayo de dureza

## Conformabilidad

Ensayo de acopado

## Tenacidad a la fractura

Ensayo de fractura  $MPa\sqrt{m}$  (estabilidad de las fisuras)



Esquema del ensayo de impacto

