

CURSO SELECCIÓN DE ACEROS

ING.: HORACIO NIECO

Índice

I- Clasificación de aceros.

II- Aceros para construcciones mecánicas.

- 1) Propiedades tecnológicas.
- 2) Características mecánicas.
- 3) Tratamientos térmicos.
- 4) Ensayo de Jomini.
- 5) Hojas de características.
 - a) Acero IRAM 1010.
 - b) Acero IRAM 1045.
 - c) Acero IRAM 4140.
 - d) Acero IRAM 8620.

III- Aceros microaleados.

- 1) Microaleados al Boro.
- 2) Microaleados al CO, NB, V, TI.
- 3) Hojas de características.

IV- Aceros estructurales.

- 1) Aceros estructurales de uso general.
Norma IRAM- IAS U500-503.
- 2) Chapas. Norma IRAM IASU500-42.

V- Aceros inoxidables.

- 1) Tablas de propiedades.
- 2) Tablas de resistencias a la corrosión.

VI- Aceros refractarios y resistentes a altas temperaturas.

- 1) Tablas clasificatorias.

VII- Aceros para herramientas.

- 2) Hojas de características.
- 3) Tablas con criterios de selección.

POR COMPOSICIÓN QUIMICA	DE CONSTRUCCIONES MECANICAS	<p>AL CARBONO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bajo carbono menos 0.25% • Medio carbono 0.25 – 0.60% • Alto carbono más 0.60% <p>ALEADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja aleación menos de 2% de aleantes. • Media aleación menos de 2-5 % de aleantes. • Alta aleación más de 5% de aleantes <p>MICROALEADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menos de 0.25 de C menos de 2% aleantes Nb, V, Ti 	<p>s/ trat.t. c/ ó s/t. t. c/ trat. t.</p> <p>c/trat. t.</p> <p>c/trat. t.</p> <p>c/trat. t.</p> <p>c/ ó s/ trat. t.</p>
	DE HERRAMIENTAS	<ul style="list-style-type: none"> • AL CARBONO • ALEADOS • RAPIDOS • P/ TRABAJO EN CALIENTE • P/ TRABAJO EN FRÍO 	<p>c/ t. t.</p> <p>c/ t. t.</p> <p>c/ t. t.</p> <p>c/ t. t.</p> <p>c/ t. t.</p>
	INOXIDABLES Y RESISTENTES AL CALOR	<ul style="list-style-type: none"> • MARTENSITICOS • FERRITICOS • AUSTENITICOS 	<p>c/ ó s/t. t.</p> <p>c/ ó s/t. t.</p> <p>c/ ó s/t. t.</p>
POR CARACTERÍSTICAS MECANICAS	ESTRUCTURALES	<ul style="list-style-type: none"> • BAJA RESISTENCIA • ALTA RESISTENCIA • ALTO LIMITE ELASTICO 	<p>s/ t. t.</p> <p>s/ t. t.</p> <p>s/ t. t.</p>

INTRODUCCION:

DEFINICION:

Se denomina acero a las aleaciones ferrosas con un máximo de 1,7% de carbono y que son forjables.

Los productos de éstos materiales pueden llegar al consumidor como semielaborados (forjados, laminados, estampados, etc.) o por moldeo.

GENERALIDADES:

La difusión de los aceros se debe a sus notables y diversas propiedades, pero también a la numerosa existencia de yacimientos de mineral de hierro y al desarrollo de métodos de fabricación relativamente simples, que permiten la producción de grandes cantidades a precios económicos.

Entre las principales propiedades y características que lo hacen insustituible para muchas aplicaciones, podemos citar:

- * Bajos costos
- * Plasticidad (laminar, forjar, etc.) a altas temperaturas
- * Ductilidad en frío
- * Fácil soldabilidad de muchos de ellos
- * Variación de propiedades con tratamientos térmicos
- * Maquinabilidad

CLASIFICACION:

Como se aprecia en el cuadro numero 1, existen dos criterios para clasificar los aceros:

- 1) Por su composición química
- 2) Por sus características mecánicas

1) Por composición química:

Podemos distinguir tres grandes grupos:

A) De construcciones mecánicas: son los más empleados en la industria y representan aproximadamente un 95 % de la producción de los aceros, dentro de este grupo se encuentran:

*** ACEROS AL CARBONO:**

-R De bajo carbono: son aleaciones de Fe-C con contenido máximo de 0,25 % de carbono, y debido al bajo contenido de carbono no son aptos para ser tratados, pues no llegan a formar martensita. Están formados por gran cantidad de ferrita y algo de perlita por lo que son blandos y deformables.

-R De medio carbono: son aleaciones de Fe-C con contenido de carbono entre 0.25 % y 0.60 %, pudiendo o no ser tratados térmicamente, están compuestos por ferrita y mayor proporción de perlita que en los anteriores, por lo que tienen gran tenacidad y mediana dureza; su resistencia a la tracción es buena.

-R De alto carbono: son aleaciones de Fe-C con contenido de carbono mayor al 0,60 %. Se usan con tratamiento térmico, están compuestos por perlita y a veces cementita lo que le confiere gran dureza, resistencia a la tracción y fragilidad. Sus propiedades varían según el tratamiento térmico empleado.

*** ACEROS ALEADOS:**

Son aleaciones de Fe, Cr, Ni, Mo, Co, etc., y siempre llevan tratamiento térmico. Ellos son:

-R De baja aleación: contienen menos del 2 % de aleantes.

-R De media aleación: contienen aleantes hasta un 5 % y no menos de 2 %; se usan con tratamiento térmico.

-R De alta aleación: contienen elementos aleantes en una proporción mayor al 5 %. También se usan con tratamiento térmico.

-R Microaleados: contienen menos de 0.25% de carbono, elementos aleantes en proporción al 2% y pequeñas aleaciones de V, Nb, Ti.

B) De herramientas: son aceros especiales que pueden soportar las condiciones de temperatura, fricción, fatiga, etc., a que se encuentran sometidas las herramientas industriales. Este grupo se subdivide en:

* *Al carbono:* con medio y alto carbono se usan con tratamientos térmicos.

* *Aleados:* los elementos de aleación le confieren gran resistencia y tenacidad.

Se emplean con tratamiento térmico.

* *Rápidos:* Se usan para herramientas de corte que trabajan a altas velocidades. La dureza debe persistir en un alto y considerable rango de temperatura.

* *Para trabajar en caliente:* se emplean en trabajos a más de 200° C, como por ejemplo, herramientas de temple, forja o estampado, y en matrices para fundición por gravedad o inyección de materiales no ferrosos o plásticos.

* *Para trabajar en frío:* De gran resistencia y tenacidad. Se usan en laminadoras, trafilas, etc.

C) *Inoxidables y resistentes al calor:* Resistencia a la corrosión a baja y alta temperatura respectivamente; se emplean con o sin tratamiento térmico, y tienen Cr y/o Ni como aleantes.

2) Por sus características mecánicas:

Son los llamados aceros estructurales, que no cumplen requisitos de composición química, por lo tanto no son sometidos a tratamientos térmicos. Cumplen requisitos de resistencia a la tracción, límite elástico y alargamiento; se los emplea en construcciones civiles, estructuras metálicas, torres de alta tensión, construcciones navales, etc...

Se clasifican en:

- a) De alta resistencia
- b) De baja resistencia
- c) De alto límite elástico

La norma I.R.A.M. los clasifica según el uso al que están destinados

ACEROS PARA CONSTRUCCIONES MECÁNICAS

ACEROS PARA CONSTRUCCIONES MECANICAS

CLASIFICACION

* Para conformar en frío.....	1008 - 1015
* Para cementación.....	1015 - 1025
* Para cementación mediana resistencia.....	1030
* De mediana resistencia.....	1035 - 1045
* De alta resistencia.....	1050 - 1090
* De corte libre para cementar.....	1118
* De corte libre para tratamiento térmico.....	1140 - 1141
* De corte libre alto Mn.....	1212
* De corte libre par conformado en frío.....	1214
* De alto Mn para cementar.....	15XX
* Aleado al Cr-Ni para cementar.....	31XX
* Aleado al Mn para cementar y Trat. Term....	40XX
* Aleado a Cr-Mo para cementar.....	41XX
* Aleado al Ni-Cr-Mo.....	43XX
* Aleado al Ni-Mo.....	48XX
* Aleado al Cr-Ni-Mo.....	86XX
* Aleado al Si-Mn.....	92XX

Los aceros de corte libre son de fácil mecanizado, aptos para tornos automáticos y para producciones en gran escala.

Los aceros aleados son muy aptos para templar y varían sus propiedades con los distintos tratamientos térmicos.

Los dos últimos dígitos del número de Norma, indican el contenido de carbono, dado en centésimas por ciento.

PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE LOS ACEROS

MAQUINABILIDAD

Indica la aptitud del material para ser mecanizado. Para tener una buena maquinabilidad, el acero debe ser blando no abrasivo y tener viruta corta que

se desprenda fácilmente. Son especialmente aptos los aceros con contenidos significativos de plomo y/o azufre, aunque presentan cierta fragilidad y no son buenos para soldar.

La maquinabilidad de un acero es valorizada por comparación con el acero 1212, considerado 100% mecanizable (cabe hacer notar la existencia de aceros con maquinabilidad superior al 100%).

SOLDABILIDAD

Da una idea de la aptitud de un acero para ser soldado. Se da en función del carbono equivalente, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$CE \text{ \%} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr+\%Mo+\%V) / 5 + (\%Ni+\%Cu) / 15$$

Se adopta como valor límite el 0,56%; cuanto más se acerca el carbono equivalente a ese valor, más dificultades presenta el acero para ser soldado. Si se lo sobrepasa, se considera que el acero es No-Soldable.

CARACTERÍSTICAS MECANICAS

Estas características pueden indicar diferentes cosas:

a) Límite de las condiciones de servicio:

- Resistencia a la tracción
- Límite de fluencia
- Dureza
- Alargamiento porcentual

b) Ductibilidad:

- Alargamiento porcentual
- Estricción

c) Tenacidad:

- Resiliencia

TRATAMIENTOS TERMICOS (Se da por ya estudiado)

Si elevamos la temperatura por encima de la zona crítica del diagrama de Fe-C, la forma estable del acero es la austenítica.

Tal calentamiento hará desaparecer la estructura de partida, ferrita-cementita, sustituyéndola por otra austenítica, permitiendo de esta manera y por medio de un enfriamiento adecuado; obtener una nueva estructura diferente a la de partida, según se desee. Estos procesos de calentamiento y enfriamiento son la base de los tratamientos térmicos, que nos permiten conferir a los aceros, las características mecánicas necesarias para cada aplicación.

A continuación citamos algunos de los tratamientos térmicos más usuales, y considerando que ya han sido estudiados en cursos previos, nos limitamos a repasar sus principales características.

a) Recocido:

Consiste en calentar un producto siderúrgico, durante cierto tiempo, en general a una temperatura superior a la del punto crítico superior, para luego dejar enfriar lentamente, casi siempre dentro del horno.

b) Normalizado:

Consiste en calentar un producto siderúrgico durante cierto tiempo, a una temperatura superior al punto crítico superior, para luego enfriar al aire, que puede ser quieto o forzado.

c) Temple:

Consiste en calentar un producto siderúrgico, durante un cierto tiempo, generalmente por encima del punto crítico superior; y luego enfriarlo bruscamente en un medio líquido o gaseoso. (A veces puede ser realizado en contacto con un sólido)

d) Revenido:

Consiste en calentar un acero templado por encima de la temperatura ambiente sin rebasar los 721°C, mantenerlo a esa temperatura un tiempo adecuado y luego enfriar lentamente.

PROPIEDADES DE TEMPLABILIDAD

ENSAYOS

En esta sección describiremos brevemente los ensayos de Jominy y Grossman, a título de repaso.

Ensayo Jominy:

El ensayo consiste en templar una probeta cilíndrica de las dimensiones y formas indicadas en la FIGURA 1, por medio de un chorro de agua, que solamente enfría la base inferior.

Se calienta la probeta para el temple, a una temperatura de $Ac3 + 60^{\circ}C$; colocándola en el horno dentro de un horno de grafito o rodeada de virutas de fundición, para evitar descarbonaciones u oxidaciones superficiales.

El acero debe permanecer a temperatura de austenización durante 10 minutos, transcurridos los cuales en un tiempo no mayor de 5 segundos, debe colocarse en el dispositivo de temple y comenzar su enfriamiento para la base inferior.

El enfriamiento se efectúa en la base de la probeta mediante un chorro de agua a $20 - 25^{\circ} C$ que sale de un orificio cilíndrico de $1/2''$ de diámetro, situado a $1/2''$ de distancia del extremo a templar con una presión tal que retirada la probeta, el chorro alcance una altura de $2,5''$. El enfriamiento debe efectuarse durante 10 minutos y luego se debe enfriar totalmente la probeta al aire o en agua sin peligro de que se modifiquen los resultados.

Terminado el enfriamiento, se aplanan dos generatrices de la probeta situada a 180 grados una de otra, rebajando $0.5mm$ de profundidad mediante rectificado de piedra esmeril evitando temperaturas superiores a $100^{\circ} C$. Luego se mide la dureza, en la línea central de las superficies aplanadas en puntos situados a intervalos de $1/16''$ contados a partir del extremo templado y promediando los valores obtenidos se traza la curva Jominy correspondiente, llevando en ordenadas la dureza Rockwell C y en abscisas las distancias a la base templada. (FIGURA 2)

TEORIA DE JOMINY

El ensayo de Jominy adquiere suma importancia desde el punto de vista práctico dada la necesidad de conocer ciertas características de los aceros, tales como son la tensión de rotura, límite elástico, estricción, alargamiento, etc..., que están vinculadas a la dureza, y esta a su vez a la micro-estructura, lo que en general permite relacionarlos, basado en su teoría, con piezas, barras, perfiles, etc..., de distintas formas y dimensiones.

De la simple observación de las curvas de Jominy pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- 1) La máxima dureza que se obtiene con el temple es función del contenido de carbono.
- 2) La presencia de elementos de aleación en los aceros, permite lograr después del temple durezas elevadas y mayor penetración del temple.
- 3) La sumatoria de pequeñas cantidades de aleación de diferentes aleantes, ejercen una mayor influencia sobre la templabilidad que la de un solo aleante en gran proporción.

La teoría de Jominy expone lo siguiente:

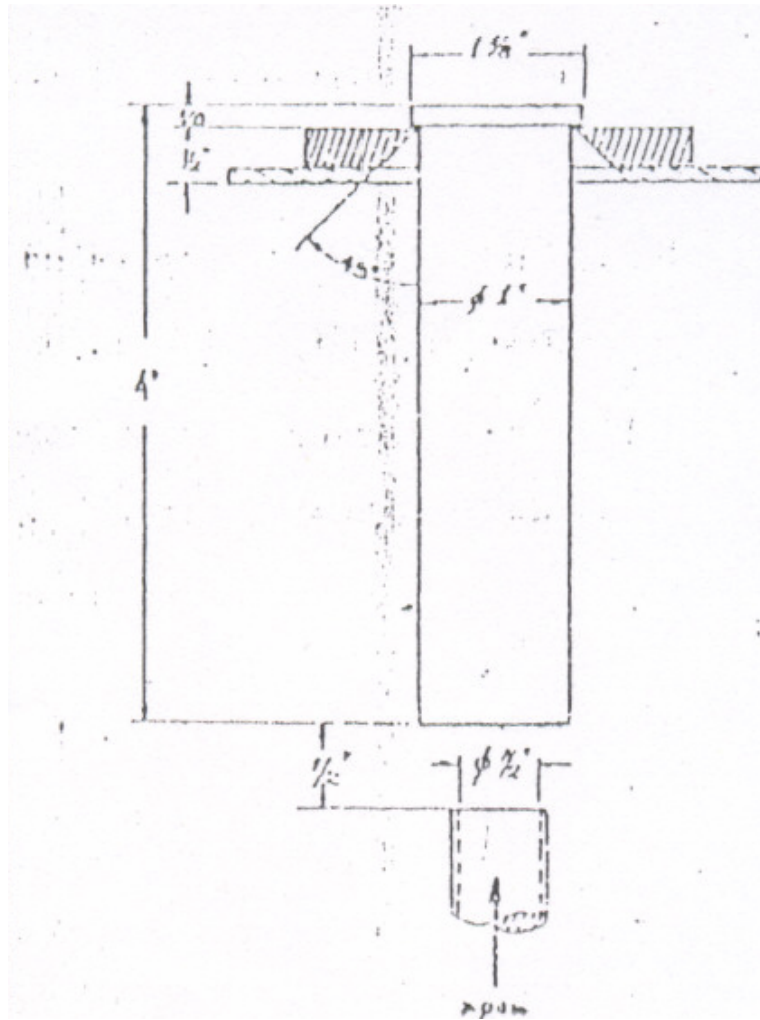
"Si dos puntos de un mismo acero de distintas probetas, tienen, enfriados desde el estado austenítico a 740° C, la misma velocidad de enfriamiento, las durezas obtenidas son aproximadamente iguales".

Jominy tomo en cuenta la citada temperatura pues esta ubicada en la zona donde la velocidad de enfriamiento tiene una acción predominante sobre los resultados.

De acuerdo con la teoría expuesta se puede establecer una relación, admitiendo que la dureza y propiedades físicas que posee el acero luego del temple, son siempre función de las leyes de enfriamiento e independientes de la forma de la pieza y del medio de enfriamiento.

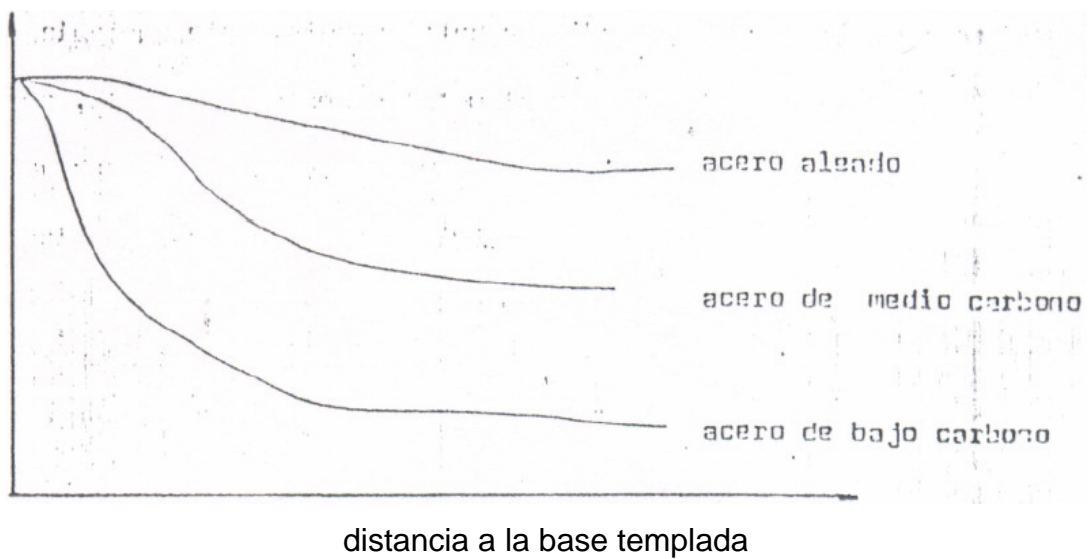
Esto equivale a decir que si se conoce la dureza que adquiere el metal después el temple, cuando el enfriamiento se ha realizado en una determinada forma, se conocerá también la de cualquier punto del mismo acero que se haya enfriado en las mismas condiciones, independientemente del medio de enfriamiento, de su posición en la pieza y de la forma y tamaño de la misma.

Fig. 1



Probeta utilizada en el ensayo de Jominy

Fig. 2



ACEROS PARA COSNTRUCCIONES MECANICAS

Las hojas de características están en orden de acuerdo al acero IRAM correspondiente, y el detalle de los mismos es el siguiente:

Acero	Acero
IRAM 1008	IRAM 1548
IRAM 1010	IRAM 3112
IRAM 1011	IRAM 3115
IRAM 1015	IRAM 4028
IRAM 1016	IRAM 4117
IRAM 1018	IRAM 4133
IRAM 1020	IRAM 4140
IRAM 1025	IRAM 4130
IRAM 1030	IRAM 4137
IRAM 1035	IRAM 4150
IRAM 1038	IRAM 4320
IRAM 1045	IRAM 4340
IRAM 1050	IRAM 4815
IRAM 1055	IRAM 5115
IRAM 1060	IRAM 5121
IRAM 1070	IRAM 5130
IRAM 1080	IRAM 5140
IRAM 1085	IRAM 5132
IRAM 1118	IRAM 5160
IRAM 1140	IRAM 8615
IRAM 1141	IRAM 8620
IRAM 1212	IRAM 8640
IRAM 12 L 14	IRAM 9360
IRAM 1524	IRAM 9840
IRAM 1536	IRAM 52100
IRAM 1541	

Introducción

Este volumen contiene las características principales de los aceros de construcción mecánica racionalizados en convenciones Nacionales para racionalizar el consumo de Aceros, que son los de mayor producción y uso nacional y satisfacen el 95% de la demanda en toneladas.

Para cada uno de los aceros que figuran en esta publicación se han indicados sus propiedades reales, obtenidas de múltiples ensayos realizados por productores y usuarios de nuestro país.

Al conjunto de propiedades que caracterizan a cada acero se lo a denominado "Hojas de características", que contiene los siguientes datos:

- Clasificación
- Color de identificación
- Forma de suministro
- Aplicaciones
- Propiedades físicas
- Propiedades tecnológicas
- Propiedades de templabilidad
- Composición química
- Tratamientos térmicos
- Características mecánicas
- Equivalencias entre diferentes normas
- Propiedades mecánicas en función de temperaturas de revenido
- Diagrama de transformación isotérmica
- Banda de templabilidad Jominy

El objetivo de las hojas de características es la difusión de las propiedades de los aceros para que, conociendo sus características, sean usados aprovechando todas sus cualidades.

1. CLASIFICACION

La clasificación, designación y codificación de los aceros para construcciones mecánicas responde a lo establecido en la norma IRAM IAS U 500.600 y en la mayoría de los casos corresponde con la denominación de los aceros SAE.

2. FORMA DE SUMINISTRO

En la forma de suministro se han indicado las distintas normas y estados en que generalmente es entregado el acero al mercado consumidor.

3. COLOR DE IDENTIFICACIÓN

Los colores de identificación de los aceros corresponden a los de la norma IRAM 658 (1970).

4. APLICACIONES

Las aplicaciones de los aceros se dan a título indicativo y son las más frecuentes, según las distintas fuentes de información.

5. PROPIEDADES FISICAS

Se tomaron como base las indicadas en el Metals Properties, Metals Handbook y Modern Steels de Bethlehem Steel, modificadas en algunos casos según datos aportados por la industria nacional.

6. PROPIEDADES TECNOLOGICAS

6.1 Maquinabilidad

El índice de maquinabilidad de los aceros está dado en porcentaje tomando como base el índice de maquinabilidad 100% del acero IRAM 1212 (SAE 1212).

6.2 Soldabilidad

El carbono equivalente como valor indicativo de soldabilidad ha sido calculado con la fórmula simplificada de Dearden y O'Neill, que figura en la norma IRAM IAS U 500.503 y es la siguiente:

Carbono equivalente %:

$$= C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\% + Mo\% + V\%}{5} + \frac{Ni\% + Cu\%}{15}$$

Para el cálculo se tomaron los valores siguientes:

a) Para los elementos especificados con valor mínimo y máximo se tomo el máximo

b) Para los elementos residuales, no especificados, se tomo:

1) Aceros al carbono, de corte libre y de alto manganeso

Cu= 0,20%

Ni=0,10%

Cr=0,15%

Mo=0,02%

2) Aceros aleados

Cu= 0,350%

Ni=0,25%

Cr=0,20%

Mo=0,06%

Cuando el carbono equivalente supera un cierto valor que es aproximadamente 0,56%, no es recomendable su uso para soldar sin tomar precauciones especiales.

7. PROPIEDADES DE TEMPLABILIDAD

Para el cálculo de los diámetros críticos de temple se tomo como referencia el estudio racional de una tabla para acero de Departamento de Materiales del Instituto Nacional de Tecnología Aeronáutica (INTA), España, basados en los trabajos de Grossman.

Al calcular los diámetros criticos con los índices de Grossman correspondientes a la templabilidad perlítica o bainítica, se obtienen valores de diámetros

correspondientes al 99% de martensita con 1% de perlita o bainita respectivamente.

Si el valor del diámetro perlítico es menor que el bainítico la reacción es perlítica, en cambio, si el diámetro bainítico es menor que el perlítico la reacción es bainítica.

Por otra parte, la templabilidad perlítica o bainítica, la señala la configuración de la curva "S", tomando en cuenta la posición relativa de las puntas de velocidad crítica.

Para el cálculo de los diámetros críticos de temple se tomaron los valores siguientes:

- a) Para los de elementos especificados con límite inferior y superior se tomó el valor medio.
- b) Para los de elementos residuales en los que se fija solamente el límite máximo se tomó:

Cu= 0,20%

Ni=0,10%

Cr=0,15%

Mo=0,02%

Pe= valor máximo admisible

S= valor máximo admisible

- c) Si= 0,15%

8. COMPOSICION QUIMICA

La composición química corresponde a la adoptada en la norma IRAM-IAS U 500-600 y es aplicable a los productos semi terminados destinados a forja, palanquilla para relaminar, barras macizas laminadas en caliente y/o acabadas en frío, alambrones y tubos sin costura.

8.1 Límite de silicio.

Cuando se requiere límites de silicio debe tomarse como norma lo siguiente:

- A) Aceros al carbono hasta 1015 inclusive:**

0,10% máximo

0,15% - 0,30%

En este trabajo se consideró 0.10% máximo.

B) Aceros al carbono 1016 hasta 1025 inclusive:

0,10% máximo

0,10% - 0,20%

0,15% - 0,30%

0,20\$ - 0,40%

0,30% - 0,60%

En este trabajo se consideró el rango de 0,15% . 0,30%.

C) En aceros al carbono 1030 en adelante, pueden ser

Admitidos rangos de:

0,10% - 0,20%

0,15% - 0.30%

0,20% - 0,40%

0,30% - 0,60%

D) En aceros⁴ de corte libre, pueden ser admitidos rangos de:

0,10% máximo

0,10% - 0,20%

0;15% - 0,30%

0,20% - 0,40%

0,30% - 0,60%

E) Los aceros aleados llevan especificación concreta de los límites admisibles de silicio.

8.2 Límites de Azufre

Para asegurar una cierta maquinabilidad los límites del contenido de azufre se pueden establecer a pedido, salvo en los aceros de corte libre que contienen especificaciones concretas.

8.3 Para los límites máximos admisibles de los elementos residuales que se consideran accidentales y no

computables como aleación se fijan los porcentajes siguientes:

Cu= 0,35%

Ni=0,25%

Cr=0,20%

Mo=0,06%

Sn=0,10%

9. TRATAMIENTOS TERMICOS

Las temperaturas de los tratamientos térmicos correspondientes a los datos sacados de la bibliografía que a continuación se cita:

- Metals Handbook (8a edición)
- SAE Handbook (1980)
- Datos suministrados por acerías nacionales.

10. CARACTERISTICAS MECANICAS

Las características mecánicas de cada acero comprenden datos orientativos respecto a los valores máximos y mínimos o a los valores promedio que son resultado de múltiples ensayos realizados por productores y usuarios. Estos valores fueron comparados con los que constan en otras bibliografías, comprobándose su semejanza, no así su igualdad.

Las características en estado normalizado y templado se refieren a diámetros de 25 mm.

Los valores de $R_p 0,2$ y R_m se refieren a la tensión correspondiente a un alargamiento no proporcional de 0,2% y a la resistencia a la tracción respectivamente.

La dureza salvo otra indicación se refiere al núcleo.

El alargamiento salvo otra indicación, se refiere a una longitud de referencia inicial correspondiente a 5 diámetros.

La falta de valores de impacto y de algunos de estricción (Z) y alargamiento (A), previstos en las características mecánicas, se debe a que no se cuenta con la información suficiente sobre resultados de ensayos los que se irán realizando e incorporando.

11. EQUIVALENCIAS

Se tomó como base la siguiente documentación:

- Stahlschlüssel (1981)
- Steel Data Handbook VDEh et al.

- Handbook of Comparative World Steel Standards
(ITI) (1980)

- Normas de productos siderúrgicos

Los aceros que figuran en las equivalencias satisfacen
Aproximadamente las características indicadas.

12. PROPIEDADES MECANICAS EN FUNCION DE LAS TEMPERATURAS DE REVENIDO

Los gráficos de las propiedades mecánicas en función de las temperaturas de
revenido fueron tomados de la siguiente bibliografía:

Catálogo de la International Nickel Steel Company

Catalogo de la empresa UGINE

- ASME Handbook, Metals Properties (1954)

13. DIAGRAMA DE TRANSFORMACION ISOTERMICA

Los diagramas de transformación isotérmica corresponden a las publicaciones
siguientes:

- Atlas of Isothermal Transformation Diagrams
(USS) (1951)

- Atlas der Max Planck Institut

- Courbes de Transformation (1RSID)

Tomo I (1953)

Tomo II (1956)

Tomo III (1960)

- Source Book on Industrial Alloy and Engineering Data (ASM)

14. BANDA DE TEMPLABILIDAD

Las bandas de templabilidad de los aceros fueron tomadas del SAE Handbook,
de las normas DIN y AFNOR.

En el caso de bandas de aceros no contemplados en dichos documentos, se
calcularon técnicamente en base a la composición química máxima y mínima
aplicando el método de Grossman.

Los datos de diámetros de barra con igual dureza de temple, son para
enfriamiento en agua o aceite medianamente agitados.

Bibliografía Consultada

- ASME Handbook Metals Properties (1954)
- Atlas der Max Planck Institut
- Atlas of Isothermal Transformation Diagrams (USS11951)
- Catálogo de la Empresa UGINE
- Catálogo de la International Nickel Steel Company
- Courbes de Transformación (IRSIDI
- Tomo I (1953)
- Tomo II (1956)
- Tomo III (1960)
- Handbook 01 Comparative World Steel Standards (ITI) (1980)
- Metal Data (HOYT) (1943)
- Metal Data (HOYT) (1952)
- Metals Handbook (8va edición)
- Tomo I (Selection)
- Tomo II (Heat Treating)
- Tomo IV (Forming)
- Tomo V (Forming)
- Molibdenum Steels-Alloys (Clímax) (1962)
- Nickel Alloy Steel'. Data Handbook (3a edición)
- Normas AFNOR . Association Francaise de Normaliution
- Normas AMS - Aerospace Material Specification
- Normas ASTM . American Society for Testing and Materials
- Normas B.S. . BritishStandards Association
- Normas DIN . Deutsches Institut für Normung
- Normas O.T.D.. Oirectory of Technical Development
- Normas IRAM. Instituto Argentino de Racionlización de Materiales
- Normas IRAM.IAS de ensayos mecánicos
- Normas ISO. International Organization for Standardization
- Normas MIL .Military Specifications
- Normas UNI .Ente Nazionale Italiano di Unificazione
- Prontuario Metalotécnico I.N.T.A. (1963)
- SAEHandbook (1980)

- Stahlschlüssel(1981)
- Steel Data Handbook -VDEh et al.
- Source Book on Industrial Alloy and Engineering Data (ASM) (1a edición) (1978)
- "Woldman's Engineering Alloys (ASM) (6a edición) (1979)

IAS

Acero para Construcciones Mecánicas

IRAM 1010

Características

Clasificación: Acero al carbono para conformación en frío.

Color de identificación: castaño

Forma de suministro: Palanquillas, barras, rollos en estado laminado o productos estirados.

Aplicaciones: Elementos de construcción donde se requiere baja o mediana resistencia combinada con alta capacidad de deformación, como por ejemplo, bulones, alambres, tornillos y piezas similares.

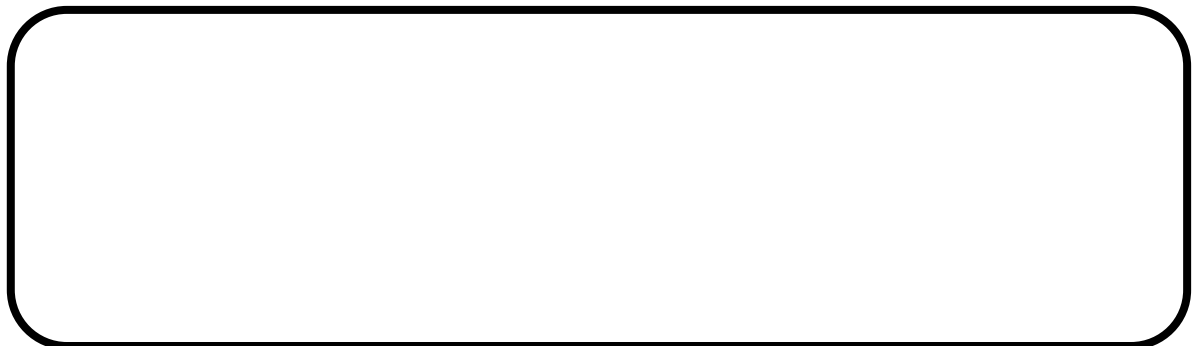
Se puede utilizar para cementación.

Punto crítico superior $A_{c3} = 872\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Punto crítico inferior $A_{c1} = 732\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Coeficiente de la dilatación térmica en estado recocido. (Promedio $\times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$)	
Entre	20 - 100 $^{\circ}\text{C} = 12,2$
	20 - 300 $^{\circ}\text{C} = 13,5$
	20 - 500 $^{\circ}\text{C} = 14,3$
	20 - 650 $^{\circ}\text{C} = 15,1$

Propiedades Físicas

MAQUINABILIDAD En estado estirado en frío con reducción del 15% = 55%
SOLDABILIDAD Carbono equivalente máximo = 0,28%

Propiedades tecnológicas



Propiedades de templabilidad

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1010

Características

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,08 – 0,13	0,30 – 0,60	0,10 máx.	0,050 máx.	0,040 máx.			

Composición Química (Colada) en %

Forja	Normalizado	Recocido Hipertrítico	Recocido Suberítico	Cementado	Carbonitrurado
1000 – 1300	940-970	880 – 910	540 – 730	900 – 930	790 – 900
Templado de la capa cementada	Enfriado	Revenido			
760.- 800	Agua-Aceite	150 – 200			

Tratamiento: Temperaturas en ° C y Medios de Enfriamiento

Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HR	HV	da J	%	%
Laminado en caliente	210-280	330-430	95-124				28-38	50-78
Estirado en frío (15% de reducción)	330-440	370-490	105-150				12-24	40-70

Características mecánicas (valores orientativos)

SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
1010	Ck 10 C 10	C 10	XC 10 CC 10	040 A 10	1010	1010

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas

<h1>IAS</h1>	Acero para Construcciones Mecánicas IRAM 1045 Características
--------------	--

Clasificación: Acero al carbono de media resistencia.

Color de identificación: amarillo - verde

Forma de suministro: Palanquillas, barras, rollos y perfiles.

Aplicaciones: Piezas confeccionadas en forjado, como por ejemplo, bielas, cigüeñales, árboles, palieres, etc. Estas piezas se usan en estado templado y revenido o eventualmente, con temple superficial.

Este acero también se aplica para confeccionar rieles de ferrocarriles.

Punto crítico superior $Ac_3 = 787^\circ C$	
Punto crítico inferior $Ac_1 = 726^\circ C$	
Coeficiente de la dilatación térmica en estado recocido. (Promedio $\times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$)	
Entre	$20 - 100^\circ C = 11,6$ $20 - 300^\circ C = 13,1$ $20 - 500^\circ C = 14,2$

Propiedades Físicas

MAQUINABILIDAD
En estado recocido y estirado en frío con reducción del 15% = 65%
SOLDABILIDAD
Carbono equivalente máximo = 0,70%

Propiedades tecnológicas

Diámetro crítico ideal 99% M = 31,5 mm	
Diámetro crítico ideal 50% M = 39,9 mm	
Diámetro crítico real H = 0,5 (aceite)	Templabilidad: Perlítica
99% M = 10,0 mm	
50% M = 14,6 mm	
Diámetro crítico real H = 1.0 (agua)	
99% M = 15,5 mm	
50% M = 22,0 mm	

Propiedades de templabilidad

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1045

Características

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,43 – 0,50	0,60 – 0,90	0,10 – 0,30	0,050 máx.	0,040 máx.			

Composición Química (Colada) en %

Forja	Normalizado	Recocido	Templado	Enfriado	Revenido
1000 – 1250	840 – 870	790 – 870	800 – 850	Agua - Aceite	Según características requeridas.

Tratamiento: Temperaturas en ° C y Medios de Enfriamiento

Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HR	HV	da J	%	%
Laminado en caliente	390-460	650-770	197-229				16 - 24	40 - 60
Normalizado (870°C)	390-460	650-770	197-229				20-30	40 - 60
Recocido (790°C)	360-420	600-700	180-212				23 - 33	45 - 65
Enfriado en frío (15% de reducción)	630-720	700-820	212-248				12 - 19	35 - 55
Alambre estado patentado al plomo φ 6 a 8 mm		900						

Características mecánicas (valores orientativos)

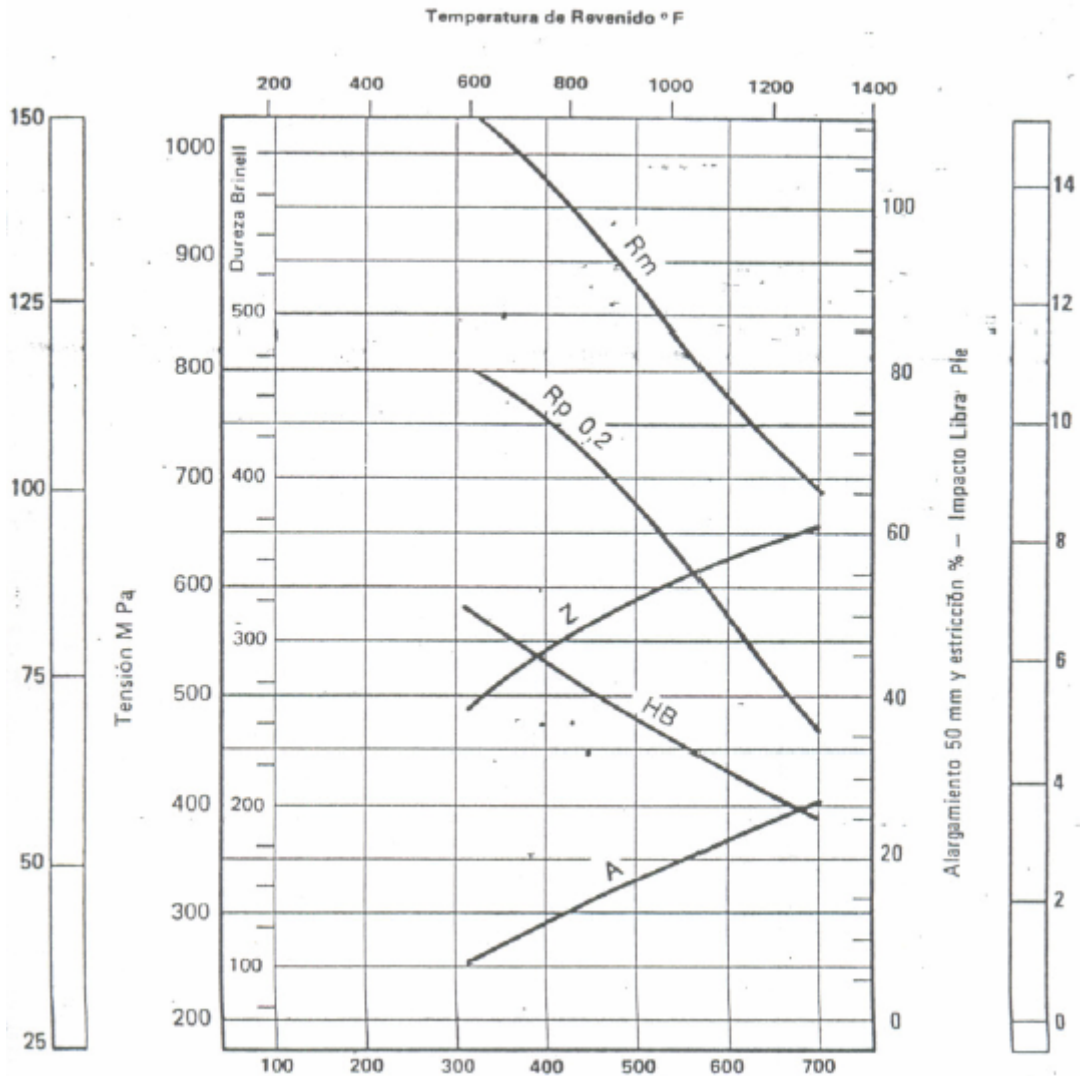
SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
1045	Ck 45	C 45	XC 42		1045	1045

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1045

Propiedades mecánicas en función de temperaturas de revenido



Temperatura de Revenido ° C

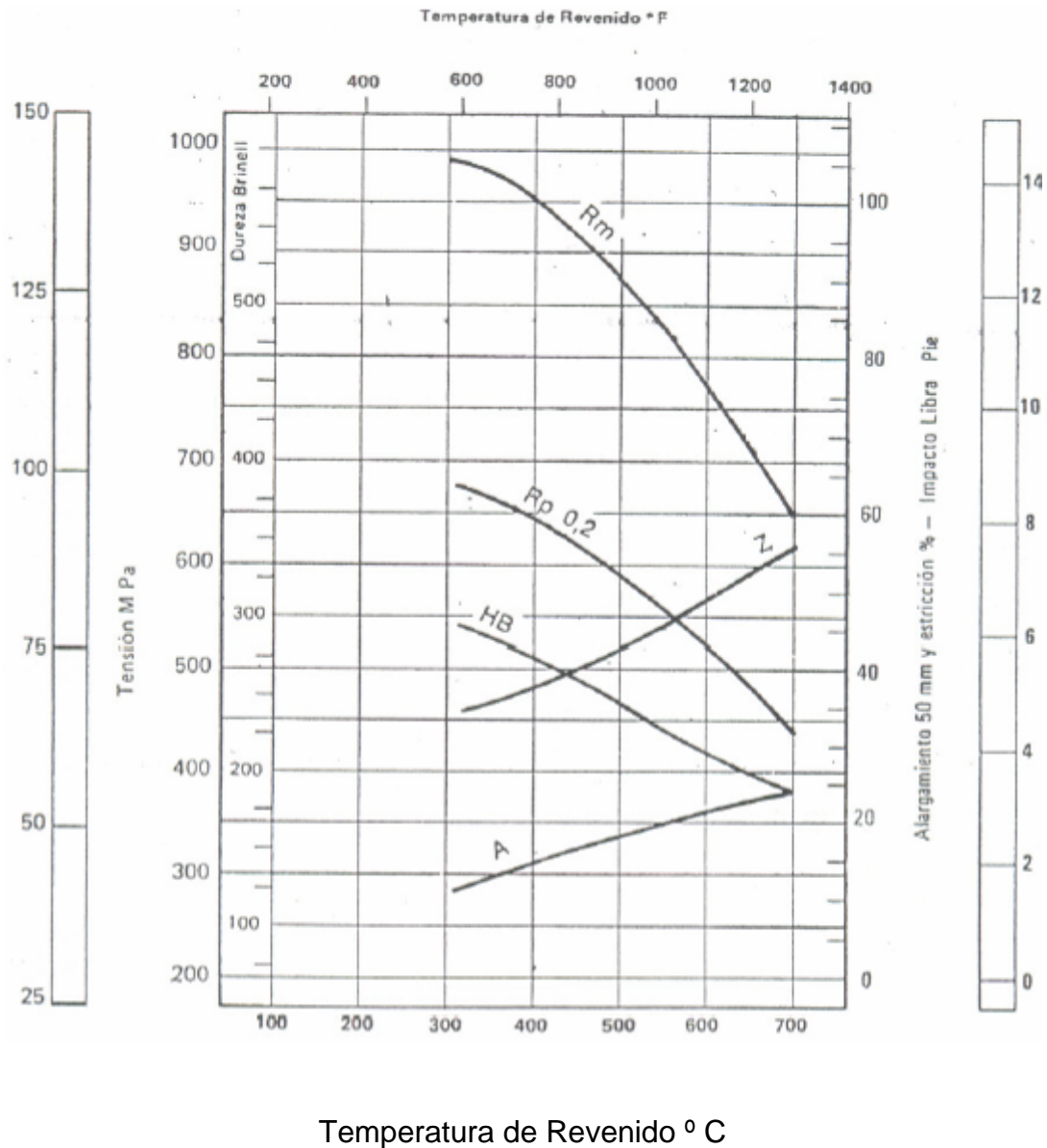
Normalizado	Templado	Medio de Enfriamiento
900 °C	815 °C	Agua

Tratamiento: Temperaturas en ° C y medios de enfriamiento

Los valores indicados corresponden a una barra tratada con un diámetro de 25mm y ensayada sobre una probeta mecanizada de 12,5mm.

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1045

Propiedades mecánicas en función de temperaturas de revenido



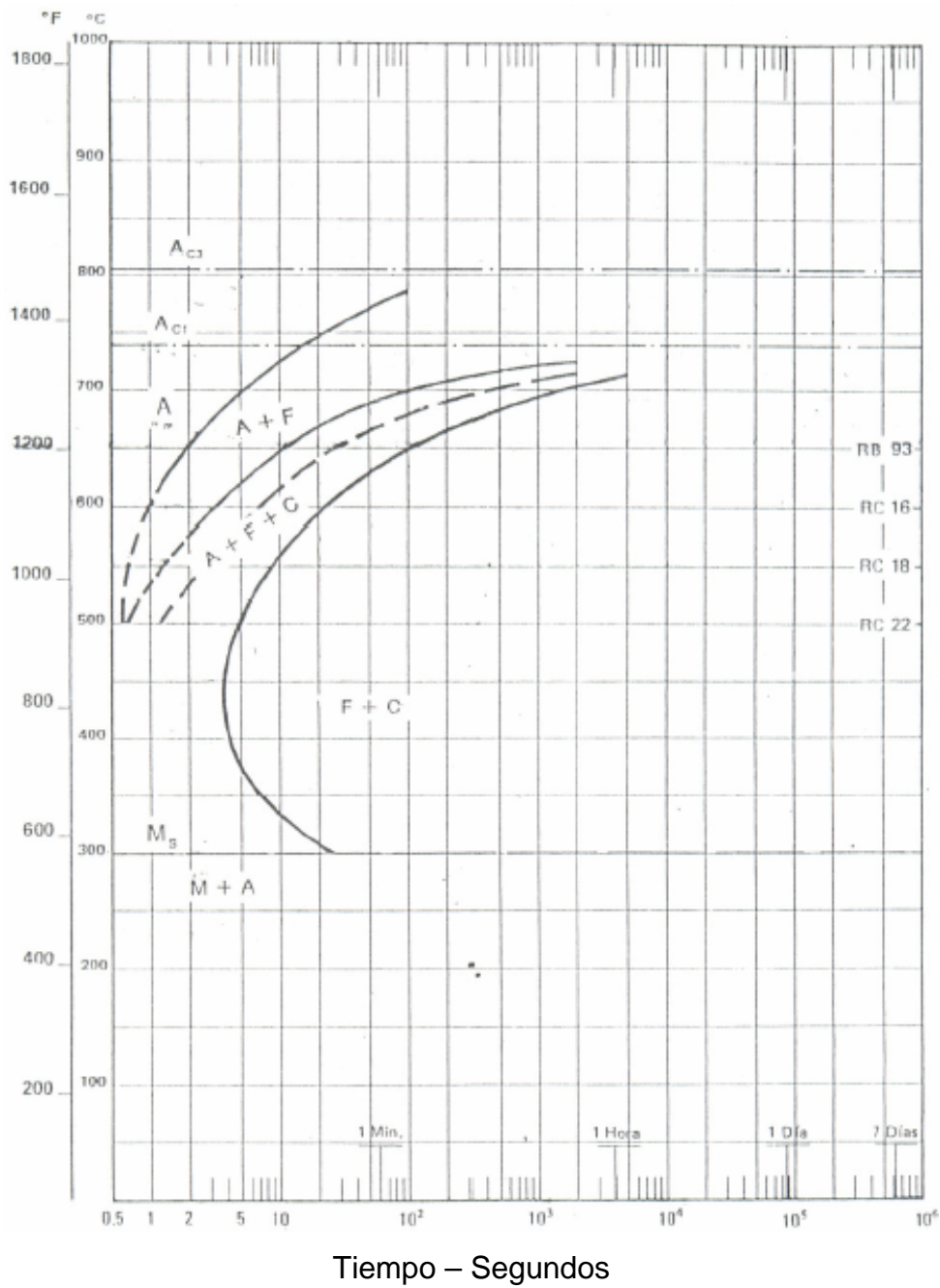
Normalizado	Templado	Medio de Enfriamiento
900 °C	830 °C	Aceite

Tratamiento: Temperaturas en °C y medios de enfriamiento

Los valores indicados corresponden a una barra tratada con un diámetro de 25mm y ensayada sobre una probeta mecanizada de 12,5mm.

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1045

Diagrama de transformación isotérmica



Composición química en % del acero ensayado

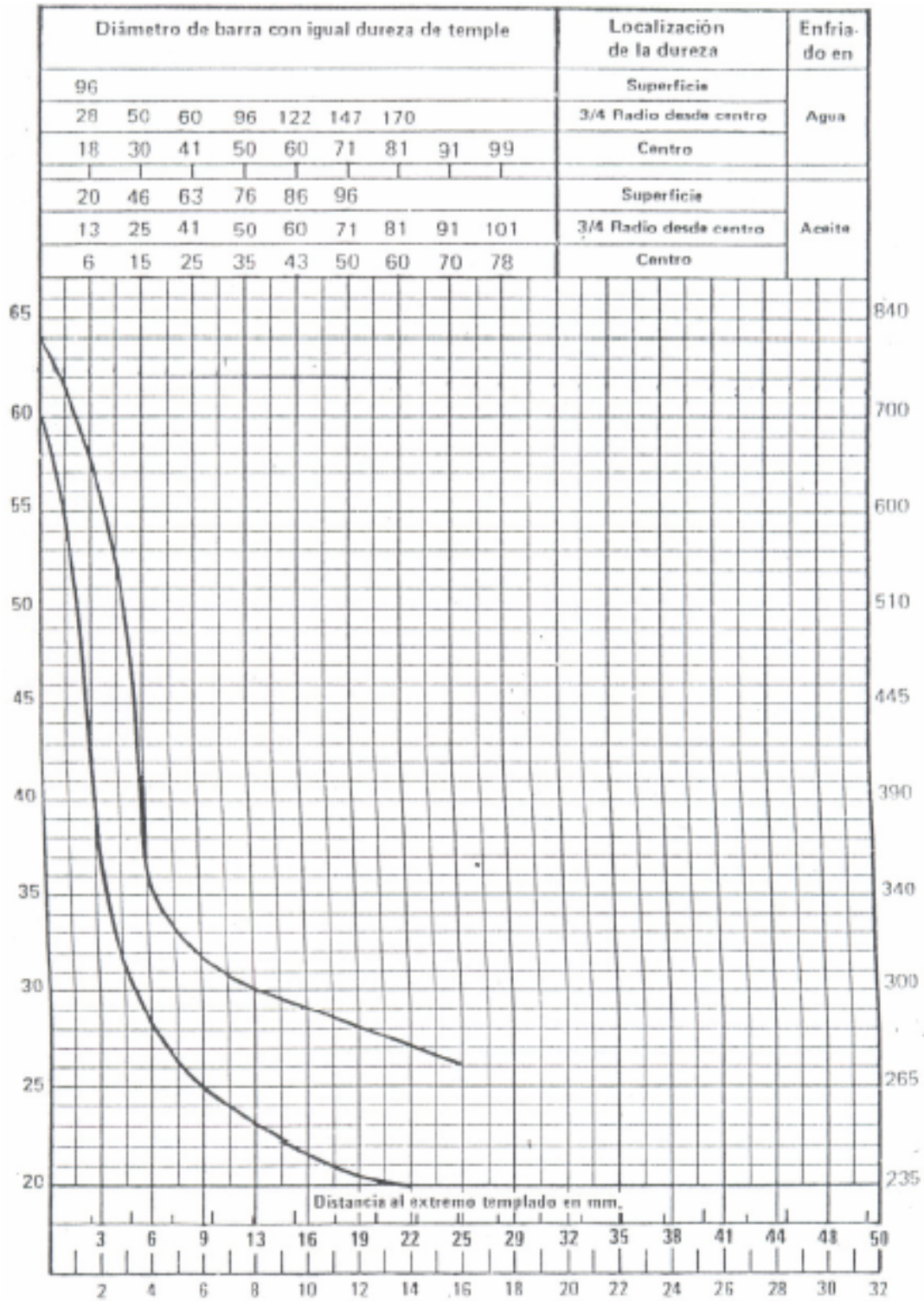
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	
0,45	0,52	0,27	0,025	0,015	0,055	0,12	0,01	0,13	

Temperatura de austenización: 850° C

Tamaño de grano: 9 - 10

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM1045

Banda de templabilidad



Distancia al extremo templado en 1/16"

IAS

Acero para Construcciones Mecánicas

IRAM 4140

Características

Clasificación: Acero aleado al cromo-molibdeno para temple de mediana templabilidad.

Color de identificación: amarillo - castaño - amarillo.

Forma de suministro: Palanquillas y barras para forja, barras en estado laminado, estirado, pelado y/o tratado térmicamente y en rollos.

Aplicaciones: Piezas forjadas y/o mecanizadas que se usan en estado templado y revenido como por ejemplo, bulones de alta resistencia.

Punto crítico superior $A_{c3} = 793\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Punto crítico inferior $A_{c1} = 749\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Coeficiente de la dilatación térmica en estado recocido. (Promedio $\times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$)	
Entre	0 - 100 $^{\circ}\text{C} = 11,2$
	0 - 300 $^{\circ}\text{C} = 12,4$
	0 - 500 $^{\circ}\text{C} = 13,6$

Propiedades Físicas

MAQUINABILIDAD En estado: - Estirado en frío = 66% - Laminado en caliente y recocido = 56%
SOLDABILIDAD Carbono equivalente máximo = 0,89%

Propiedades tecnológicas

Diámetro crítico ideal 99% M = 60,9 mm	Templabilidad: Bain tica
Diámetro crítico ideal 50% M = 106,6 mm	
Diámetro crítico real H = 0,5 (aceite) 99% M = 29 mm 50% M = 67 mm	
Diámetro crítico real H = 1.0 (agua) 99% M = 39 mm 50% M = 85 mm	

Propiedades de templabilidad

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM4140

Características

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,38 – 0,43	0,75 – 1,00	0,20 – 0,35	0,040 máx.	0,035 máx.	0,80 – 1,10		0,15 – 0,25

Composición Química (Colada) en %

Forja	Normalizado	Recocido	Recocido de globulización	Templado	Enfriado
1000 – 1200	870 – 925	815 – 870	755	830 – 860	Aceite
Revenido					
Según características requeridas					

Tratamiento: Temperaturas en ° C y Medios de Enfriamiento

Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HRC	HV	da J	%	%
Laminado en caliente (φ 25 mm)	680	1030	311	33			15	
Normalizado (φ 25 mm)	670	1020	311	33			17	
Recocido	380	650	192				25	

Características mecánicas (valores orientativos)

SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS.	AISI	ASTM
4140	42 CrMo 4		42 CD 4	708 A 42	4140	4140

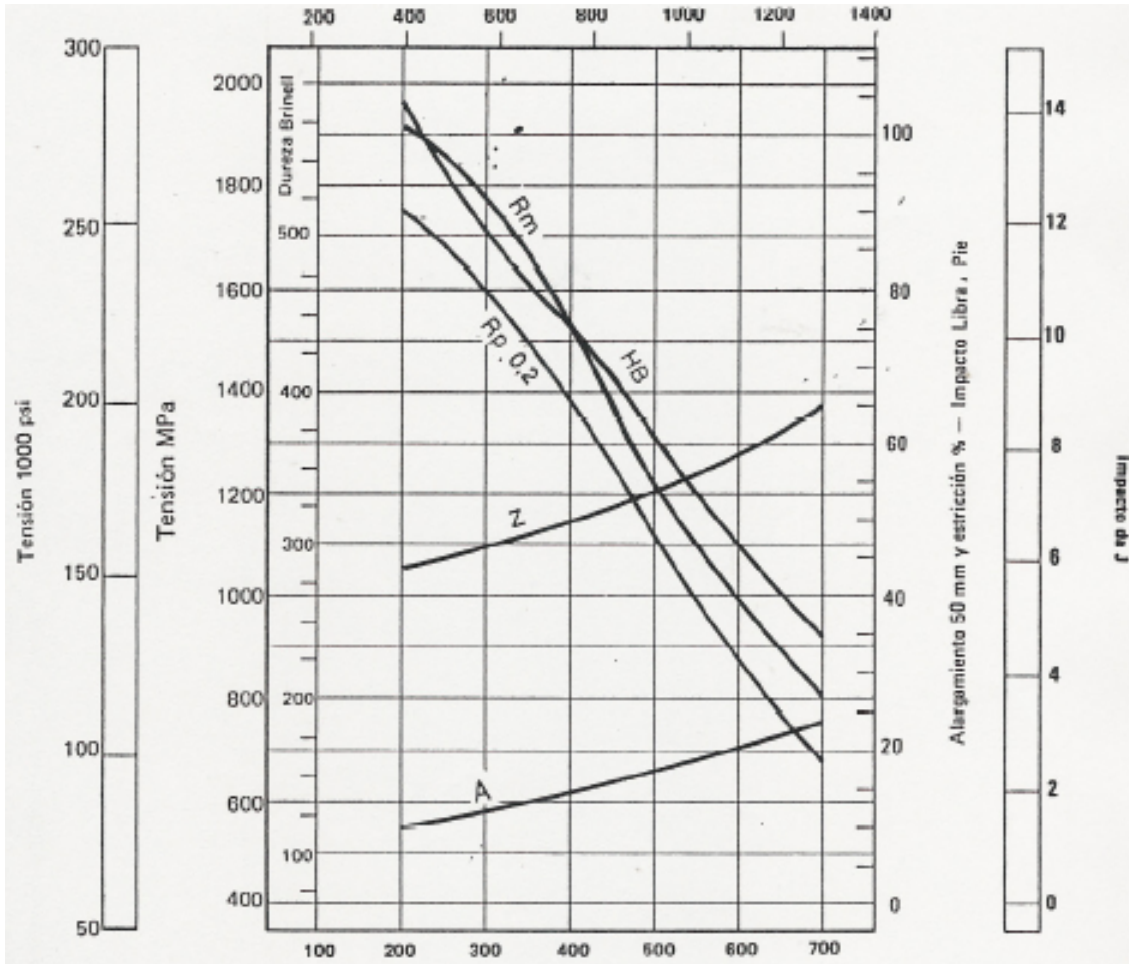
Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM4140

Propiedades mecánicas en función de temperaturas de revenido

Temperatura de Revenido ° F



Temperatura de Revenido ° C

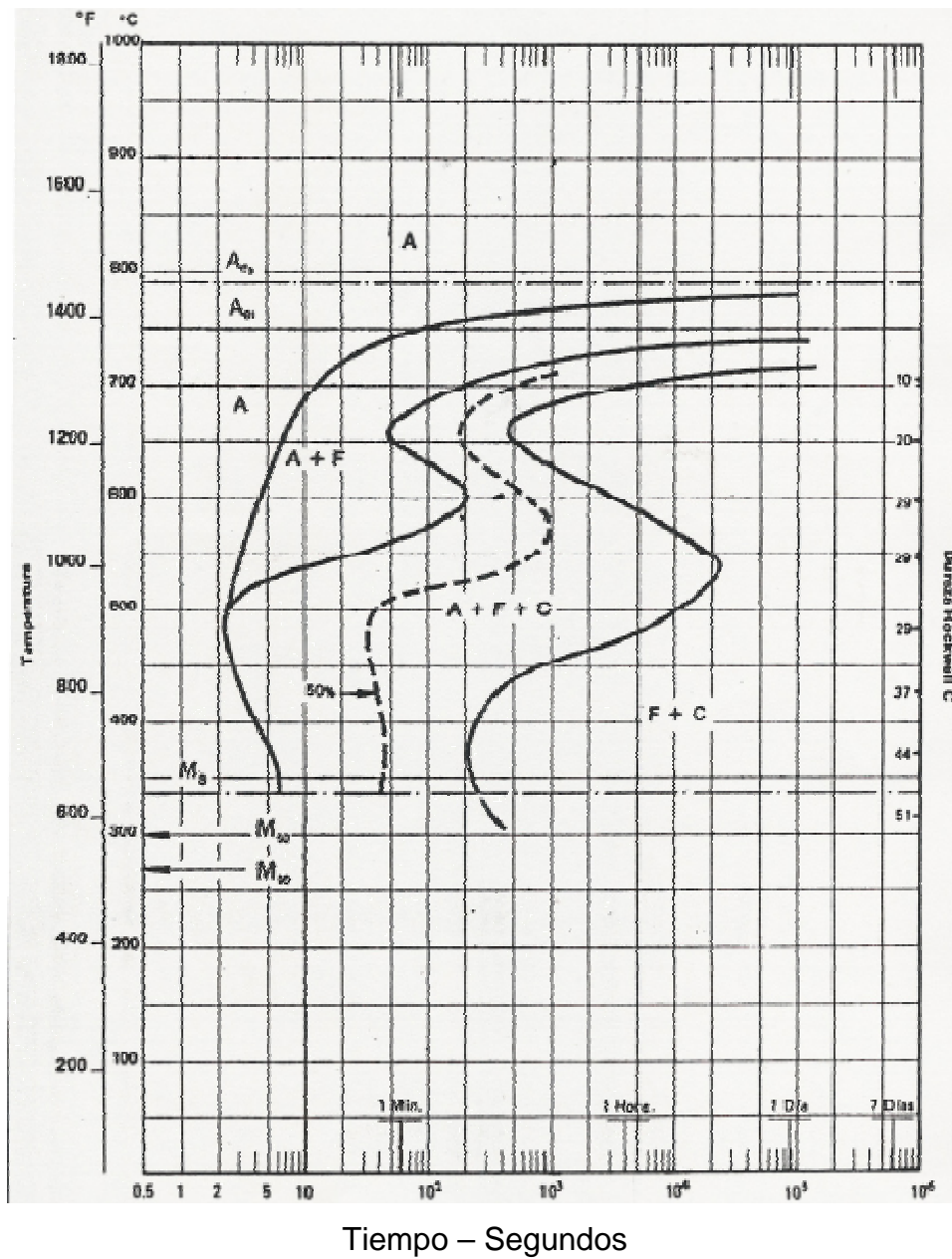
Normalizado 871° C	Templado 843° C	Medio de enfriamiento Aceite
------------------------------	---------------------------	--

Tratamientos: temperaturas en 80 ° C y medios de enfriamiento

Los valores indicados corresponden a una barra tratada con un diámetro de 13,5mm y ensayada sobre una probeta mecanizada

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM4140

Diagrama de transformación isotérmica



Composición Química en % del acero ensayado

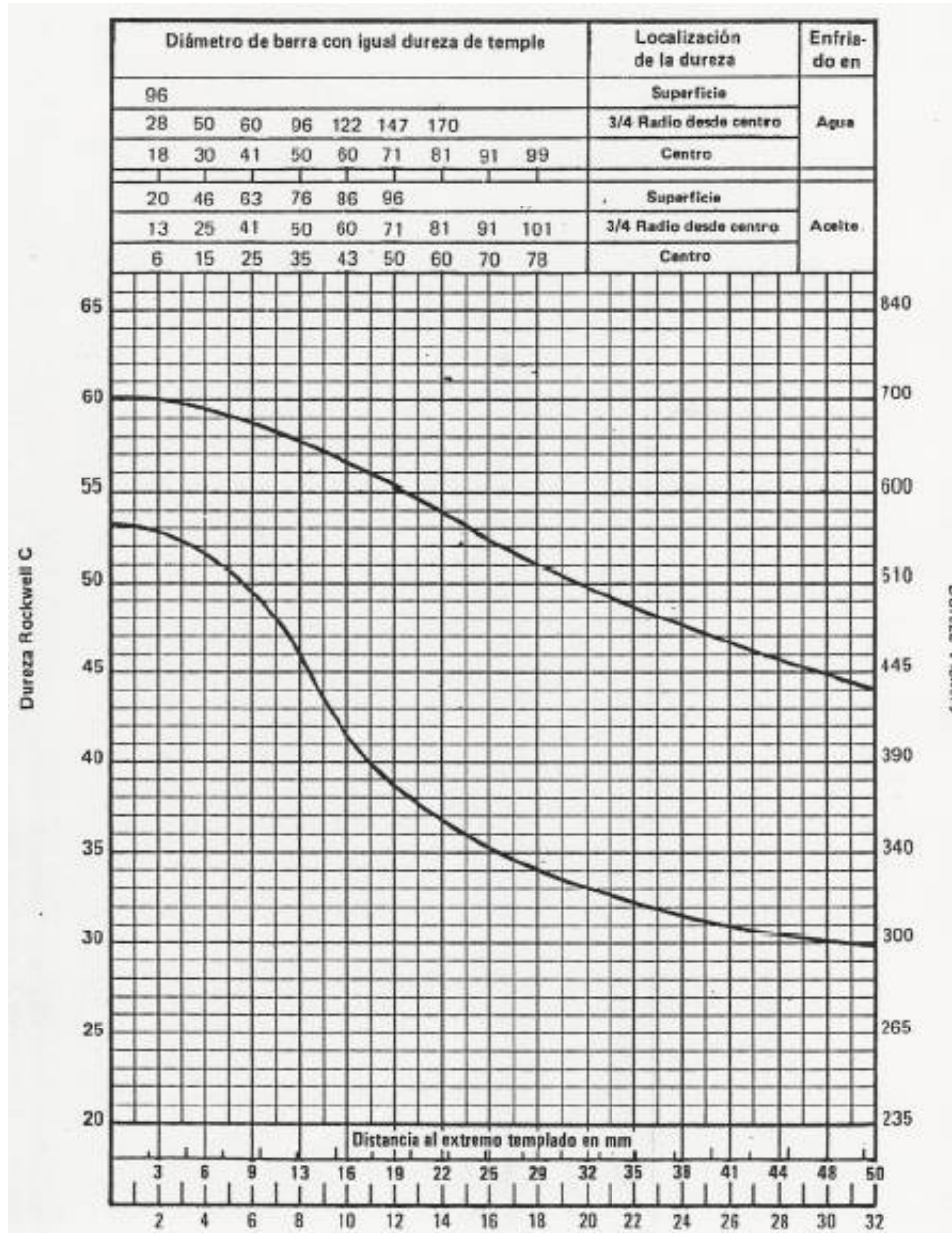
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo		
0,38	0,77				0,98				

Temperaturas de austenización: 843° C

Tamaño de grano: 7 – 8

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM4140

Banda de templabilidad



Distancia al extremo templado en 1/16"

IAS	Acero para Construcciones Mecánicas IRAM 8620 Características
------------	--

Clasificación: Acero aleado al cromo-molibdeno para cementación de mediana templabilidad.

Color de identificación: gris claro – azul – rojo oscuro.

Forma de suministro: Palanquillas para forja, barras en estado laminado, estirado, pelado y/o tratado térmicamente y en rollos.

Aplicaciones: Piezas cementadas de mediano tamaño solicitadas a la fatiga como por ejemplo, piñones y coronas del diferencial, engranajes de altas revoluciones, pernos de seguridad, etc.

Punto crítico superior $A_{c3} = 832,4^{\circ}\text{C}$
Punto crítico inferior $A_{c1} = 735^{\circ}\text{C}$
Coeficiente de la dilatación térmica en estado recocido. $\left(\text{Promedio} \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right)$ Entre $^{\circ}\text{C}$

Propiedades Físicas

MAQUINABILIDAD En estirado en frío = 60-66%
SOLDABILIDAD Carbono equivalente máximo = 0,63%

Propiedades tecnológicas

Diámetro crítico ideal 99% M = 34,5 mm	Templabilidad: Bainítica
Diámetro crítico ideal 50% M = 63,5 mm	
Diámetro crítico real H = 0,5 (aceite) 99% M = 11,5 mm 50% M = 31,5 mm	
Diámetro crítico real H = 1.0 (agua) 99% M = 17,5 mm 50% M = 42,0 mm	

Propiedades de templabilidad

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM8620

Características

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,18 – 0,23	0,70 – 0,90	0,20 – 0,35	0,040 máx.	0,035 máx.	0,40 – 0,60	0,40 – 0,70	0,15 – 0,25

Composición Química (Colada) en %

Forja	Normalizado	Recocido	Cementado	Templado	Enfriado
900 – 1200	870 – 930	860 – 890	900 – 930	840 – 870	Aceite
Revenido					
150 – 200					

Tratamiento: Temperaturas en ° C y Medios de Enfriamiento

Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HRC	HV	da J	%	%
Laminado en caliente	380	650	192				20	45
Normalizado	360	630	185				26	56
Recocido de globulización	300	530	149				30	60
Templado en aceite a 930 °C y revenido a 150 °C	780	940	300	32			15	
Templado en aceite a 850 °C y revenido a 150 °C	580	850	255	25,4			19	52

Características mecánicas (valores orientativos)

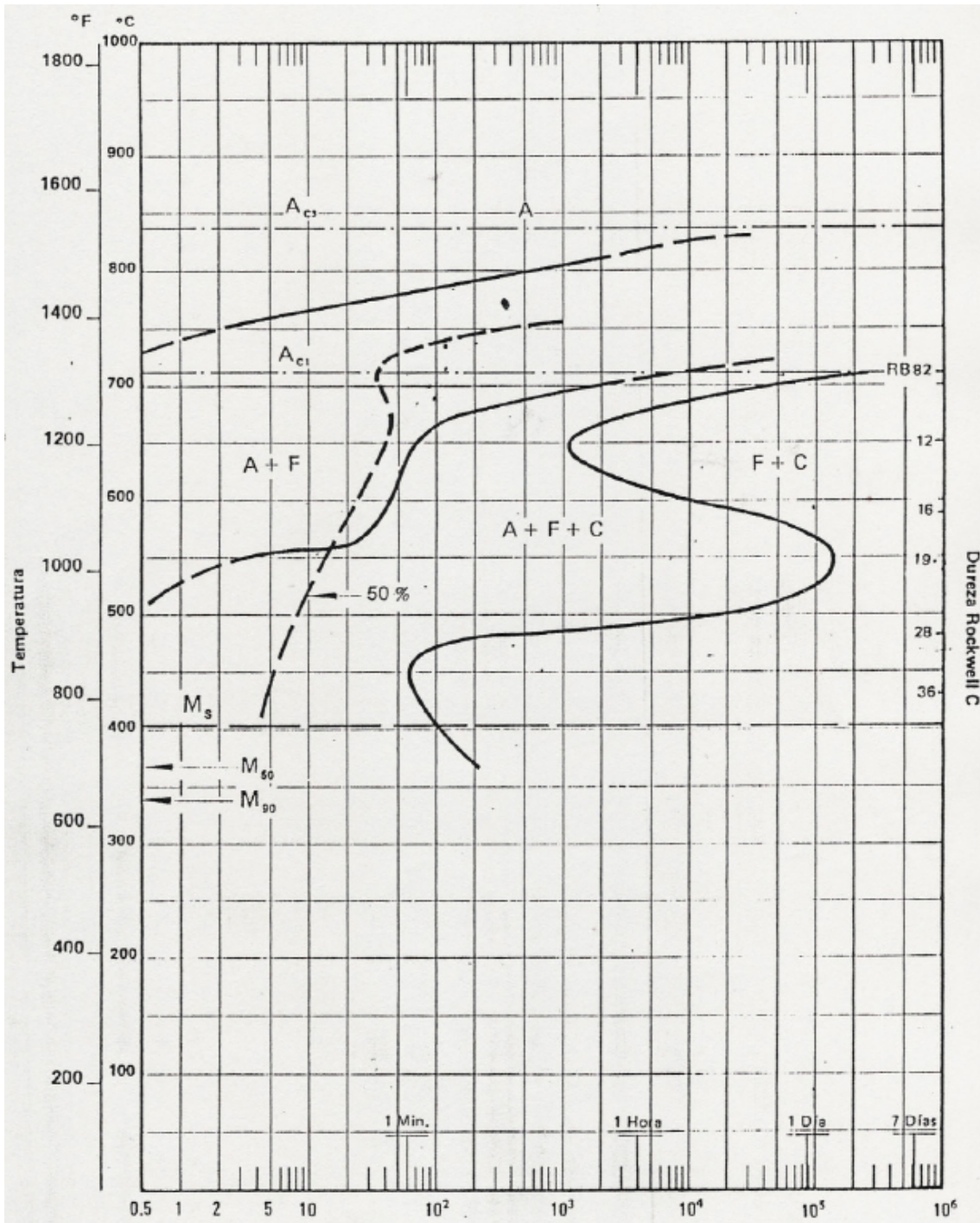
SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
8620	21 NiCrMo 2	20 NiCrMo 2	20 NCD 2	805 H 20	8620	8620

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM8620

Diagrama de transformación isotérmica



Tiempo – Segundos

Composición Química en % del acero ensayado

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo		
0,18	0.79				0,56	0,52	0,19		

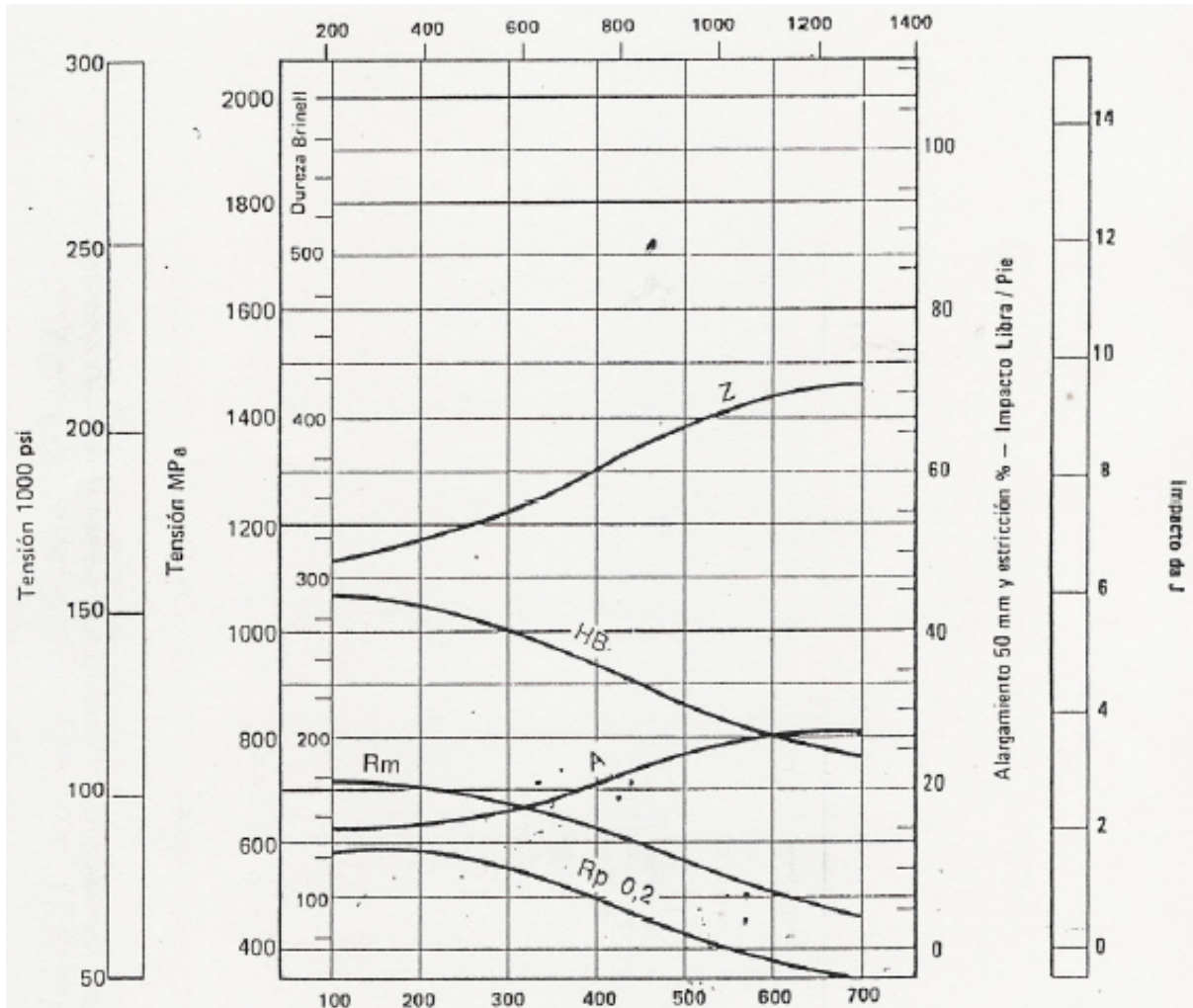
Temperaturas de austenización: 900° C

Tamaño de grano: 9 – 10

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM8620

Propiedades mecánicas en función de temperaturas de revenido

Temperatura de Revenido ° F



Temperatura de Revenido ° C

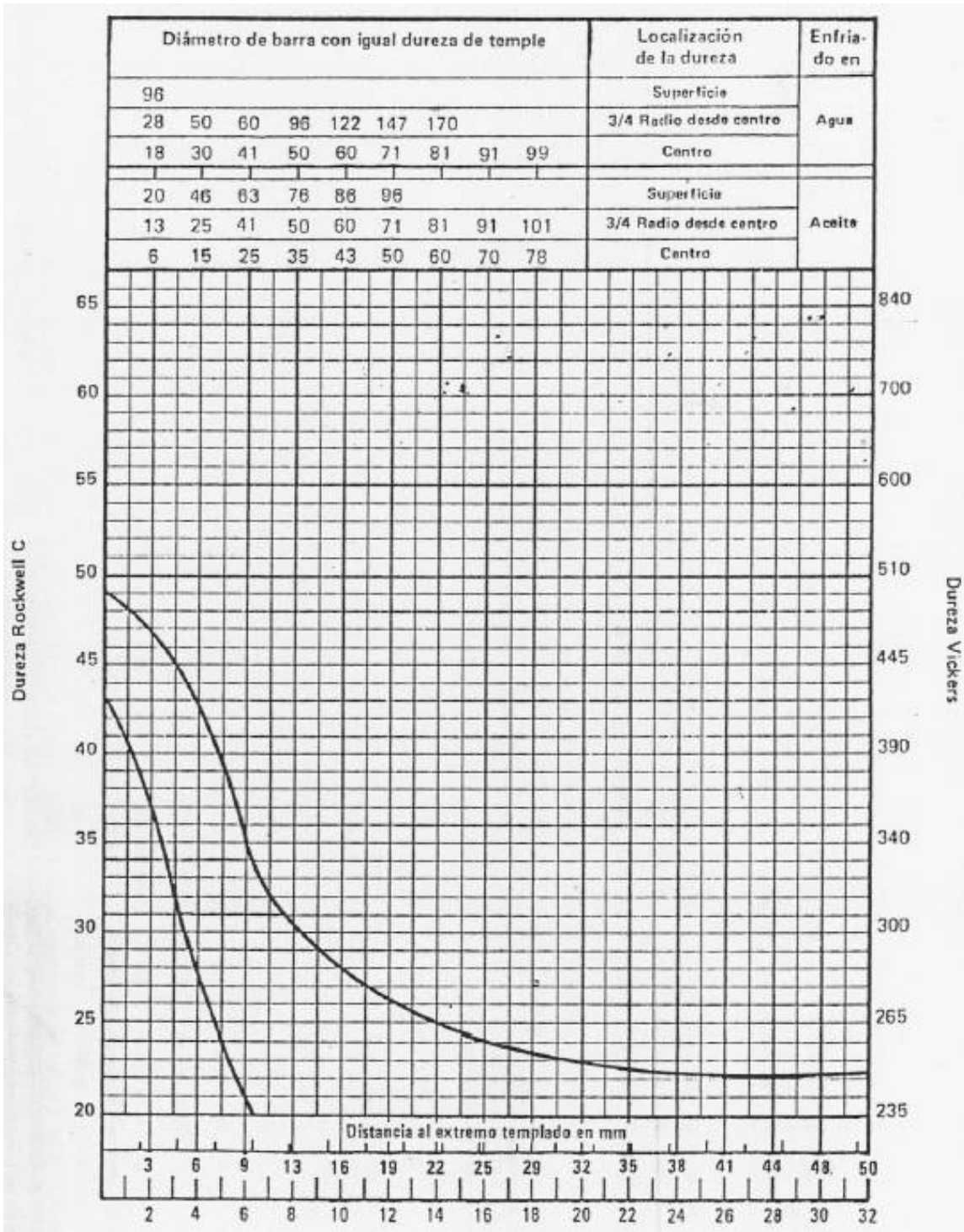
Normalizado	Templado 845° C	Medio de enfriamiento Aceite
--------------------	---------------------------	--

Tratamientos: temperaturas en ° C y medios de enfriamiento

Los valores indicados corresponden a una barra tratada con un diámetro de 25mm y ensayada sobre una probeta mecanizada de 12,5mm

Acero para Construcciones Mecánicas IRAM8620

Banda de templabilidad



Distancia al extremo templado en 1/16"

ACEROS MICROALEADOS

Aceros Microaleados

Definición: Se define, como acero microaleado a todo acero de baja aleación y bajo carbono, caracterizado por tener adiciones de niobio (Nb), titanio (Ti), vanadio (V), cobalto (Co) y boro (B) en muy baja proporción, los cuales actúan como refinadores de grano y endurecedores por precipitación (Nb, Ti, V, Co) o como mejoradores de la templabilidad (B).

Son llamados también aceros de baja aleación y alta resistencia (HSLA).

Los aleantes presentes en estos aceros se encuentran en las siguientes proporciones:

% C \leq 0.25

%B 0.0005 - 0.005

% Ti < 0.1

% Nb < 0.1

% V < 0.1

Clasificación: Los aceros microaleados pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Aceros microaleados al B
- Aceros microaleados al Nb, Ti, V, Co

Aceros microaleados al B:

1- Influencia del B en el acero:

El B puede estar en el acero en forma de solución sólida o formando compuestos como nitruros u óxidos de B (el B es muy afin al N y O en su forma libre).

Los distintos compuestos de B que se encuentran en el acero pueden agruparse en:

- Boro soluble: boro disuelto como solución sólida, borocarburos, cementita y óxido de boro (OB).
- Boro insoluble: es el nitruro de boro (NB).

En los aceros para construcciones mecánicas. Las mejores propiedades se obtienen en estado templado y revenido. La estructura así obtenida (martensita revenida) tiene alta resistencia y dureza, con una alta relación entre el límite

elástico y, la carga de rotura (-0.85), además de buenas propiedades de ductilidad y tenacidad. Esto le confiere al acero una alta resistencia a la fatiga. El B en pequeñas cantidades tiene un efecto marcado en la templabilidad y en muchos casos puede reemplazar los elementos convencionales (que deben ser agregados en mayor proporción con un costo mucho mayor). El boro tiene un efecto sobre la templabilidad mayor que el Cr, Ni, Mn y Mo. Para un acero con 0.40 % C se verifica respecto de la templabilidad:

0.35 % Mo
0.002 % B - 0.30 % Mn
0.50 % Cr ó 2% Ni

Antes de la adición de B, éste debe ser desoxidado con Al y desnitrurado con Ti o Zr. Esto produce la eliminación del O y N del baño permitiendo la disolución completa del B en el acero.

El B cuando forma nitruros no tiene influencia sobre la templabilidad, pero tiene un efecto favorable sobre la capa cementada aumentando su tenacidad, mejorando la resistencia mecánica y a la fatiga y reduciendo la sensibilidad frente a las entallas.

Existen aceros mixtos, que contienen B soluble para obtener templabilidad óptima y B insoluble para mejorar la tenacidad. .

En aceros inoxidables austeníticos y ferrítico –austeníticos un agregado de hasta 60 ppm de B facilita operaciones de forja o laminación, sin afectar su resistencia a la corrosión intergranular.

En aceros de corte libre, adiciones de B de hasta 110 ppm mejora la maquinabilidad de un acero IRAM1212 a un valor similar al del IRAM12L4.

El B tiene ciertos efectos desfavorables sobre el acero si su concentración supera el 0.005 %, puesto que es un elemento propenso a la segregación y al crecimiento de grano.

2- Influencia de otros elementos:

El efecto de los otros aleantes depende de su concentración.

- Carbono: es el de mayor influencia pues en la templabilidad el efecto del B va disminuyendo con el aumento del % C, por ejemplo en un acero con 0.65 - 6.75 % de C el efecto del B desaparece por completo.

- Molibdeno: aumenta fuertemente el efecto del B en la templabilidad.

- Niobio: en aceros estructurales HSLA el efecto combinado Nb -B puede aplicarse en laminación controlada o en el proceso de temple directo, aumentando el rendimiento de estos procesos.

3- Aplicaciones:

3.1- Usos generales:

Los aceros al boro pueden usarse para:

-En el caso de aceros aleados mejorar aún más su templabilidad.

- Reemplazan aceros aleados con aceros al B.

Para ilustrar el efecto del B, en el caso de aceros aleados estudiamos el siguiente ejemplo:

- Una barra de 25mm de diámetro templada en aceite presenta unos valores de dureza mínimo y máximo de 27 - 46 HRc para el acero aleado y 38 – 58 HRc para un acero aleado aleado al B.

Se ve así que la dureza obtenida en el acero sin B en un diámetro de 25mm se podría obtener en un acero al B en un diámetro de 43.2mm, lo que equivale a decir que el factor de templabilidad es en este caso 1.7.

Este análisis se hizo comparando las bandas de templabilidad de los aceros IRAM 15B41 e IRAM 4137, y la conclusión es que hasta diámetros de 43.2mm, un 4137 puede reemplazarse por un 15B41.

Aceros microaleados al Co, Nb, V, Ti y sus usos en laminados planos

1- Introducción:

El acero de bajo C convencional es un acero de matriz ferrítica y baja tensión, de fluencia.

Posee alta capacidad de endurecimiento por deformación, lo que promueve una mayor uniformidad de la deformación en frío durante el conformado, una alta ductilidad y adecuada calidad superficial.

Dada su baja resistencia los componentes fabricados con este tipo de material requieren un mayor espesor y por lo tanto mayor peso.

Los aceros de baja aleación y alta resistencia (HSLA) proveen una alta gama de resistencia.

Sus propiedades provienen de diversas combinaciones de varios mecanismos de endurecimiento tales como refinamiento de grano, elementos en solución sólida, precipitación muy fina de carburos y nitruros de Nb, Ti y V y subestructura de deformación en frío. Su uso implica una inherente desventaja, consistente en una decreciente capacidad de conformado con el aumento de resistencia.

Un aumento de resistencia por deformación en frío reduce la ductilidad y capacidad de conformado en mayor medida que el uso de elementos en solución sólida como Mn, Si y P. El uso inteligente de los mecanismos de aumento de resistencia han permitido contar con caminos de deformación adecuados para producir un número cada vez mayor de componentes con dichos materiales.

2- Efectos de los aleantes sobre el acero:

El efecto más importante de los elementos microaleantes como Nb, Ti, V y Co es el aumento de resistencia de los aceros ferríticos y ferrítico - perlíticos. Bajo ciertas condiciones estos elementos de la aleación pueden ser usados para obtener aceros extremadamente dúctiles. El campo de aplicación de estos elementos abarca desde aceros muy dúctiles a aceros de alta resistencia.

Esos elementos de aleación provocan importantes cambios en las propiedades del metal si estos producen precipitados de un determinado tamaño en el estado sólido.

La precipitación, transformación y los mecanismos de recristalización ofrecen un amplio número de posibilidades en la obtención de una estructura del acero con máxima resistencia mecánica y buena resistencia a la fractura frágil.

Las características estructurales más importantes en estos aceros son tamaño de grano, estado de precipitación y densidad de dislocaciones.

2.1 Vanadio (V):

Los aceros microaleados con V tienen una estructura de grano fino, un moderado endurecimiento por precipitación y una mayor resistencia mecánica que un acero con % de C similar.

2.1.1- Efectos sobre la dureza:

La dureza de aceros con 0.01 - 0.02 % V aumenta después de un Templado a 600 ° C pero por encima de 0.1 % V la dureza ya no aumentará. Cuando se comparan aceros de similar % C con y sin V, la dureza tiende a ser similar cuando aumenta el % C.

Para un acero microaleado con 0.07 % de V y 0.20 % de C, la diferencia en dureza es de 14 HRc.

Para un acero microaleado con 0.07 % de V y 0.40 % de C, la diferencia en dureza es de 8 HRc.

Para un acero microaleado con 0.07 % de V y 0.65 % de e, la diferencia en dureza es de 6 HRc.

Estos resultados pueden explicarse por una efectiva distribución de los precipitados (carburos y nitruros de V), siendo ésta más efectiva cuanto menor sea el % de C.

2.1.2- Propiedades mecánicas:

El aumento de resistencia en estos aceros sigue el mismo patrón que la dureza. Un acero microaleado con 0.04 % de V aumenta su resistencia a la tracción de 98 a 147 MPa (para 0.20 % de C).

El acero debe ser desoxidado con Al durante el proceso de obtención del mismo.

2.1.3- Microestructura:

Está formada por una mezcla de ferrita y carburos. Las propiedades de estos aceros dependen del tamaño del grano, la proporción de perlita y ferrita presentes en la matriz y la precipitación de carburos de V. La adición de V no afecta sustancialmente el tamaño de grano sino que actúa como endurecedor de la perlita y refinador de su estructura.

2.1.4- Usos y aplicaciones:

Son usados como aceros estructurales, pues logran reducciones de 20 - 25% en peso y 8 - 15 % en costo comparados con los aceros convencionales. Para construcciones mecánicas, adiciones de 0.06a 0.10% V incrementan significativamente las propiedades tecnológicas y mecánicas de los aceros. Por ejemplo, aceros microaleados con V tienen un 10 - 15% más de resistencia mecánica, 50 - 60 % más de vida útil y logran reducciones de peso del orden del 20 %, además de tener mayor resistencia al punsonado y a la rotura frágil.

2.2- Niobio:

Se agrega en muy baja proporción (0.03 - 0.08 %, Nb) con lo cual se obtienen propiedades tecnológicas excepcionales. Por encima de dicho límite, no se obtiene ningún beneficio.

2.2.1- Microestructura:

El Nb causa un pronunciado refinamiento de grano y un moderado endurecimiento por precipitación bajo un tratamiento termomecánico (laminación).

2.2.2- Propiedades mecánicas:

El aumento de resistencia mecánica no es acompañado por un aumento de resistencia frente a la rotura frágil. Esto puede mejorarse si se agrega Mo. Si el acero microaleado con Nb es normalizado, su efecto sobre el refinamiento de grano es limitado.

Un aumento de 0.01 % V aumenta la resistencia a la tracción 80 MPa en un acero de 0.40 % C.

2.3- Titanio:

Se agrega hasta un límite máximo de 0.1%.

2.3.1- Microestructura:

La microaleación con Ti produce un gran aumento de la precipitación de carburos pero un moderado refinamiento de grano.

2.3.2- Propiedades mecánicas:

Aleado en proporción similar que el Nb , los aceros microaleados con Ti y laminados en caliente tienen menor resistencia ante la fractura frágil, sin embargo la aleación con Ti puede ser más efectiva en combinación con Ni. La formabilidad en frío de estos aceros es muy buena pues conserva uniformemente sus propiedades en todas las direcciones de la pieza. Cuando es laminado en frío se pueden obtener muy altas resistencias mecánicas.

2.4- Cobalto (Co):

Los aceros microaleados con Co usados para la fabricación de cuerdas metálicas, cadenas y tensores han mostrado un aumento de 35 -37 % en la resistencia a la tracción y un 20 % más a la fatiga.

3.- Soldabilidad:

A mayor contenido de C, la dureza aumenta debido a que el % de C afecta el tamaño del grano y la templabilidad del mismo.

La tendencia a la fragilidad de la zona afectada por el calor (ZAC) puede ser evaluada por el parámetro carbono equivalente (CE).

$$\% \text{ CE} = \% \text{ C} + \% \text{ Mn} / 6 + (\% \text{ Cr} + \% \text{ Mo} + \% \text{ V}) / 5 + (\% \text{ Ni} + \% \text{ Cu}) / 6$$

En los aceros microaleados el % de C es bajo y los aleantes están presentes en muy baja proporción con lo que el CE es bajo y la ZAC no presenta una fragilidad muy elevada, es decir presentan una buena soldabilidad.

3.2.- Aceros para bulonería:

La fabricación de bulones consiste básicamente en un proceso de Estampado en frío, es por ello que el acero a utilizar debe tener una buena capacidad de deformación en frío, ya sea en estado natural o tratado térmicamente.

Luego del estampado, el bulón es templado y revenido para conseguir las propiedades para las cuales fue diseñado. Las propiedades mecánicas están íntimamente ligadas a la composición química. El objetivo de este desarrollo consistió en la fabricación de aceros microaleados que pudieran substituir a los costosos elementos de aleación sin afectar las propiedades mecánicas del bulón ni su capacidad de deformación en frío, siendo el B el elemento apropiado para esta aplicación.

3.2.1- Normas de bulonería:

Por lo general hacen referencia a las propiedades mecánicas que debe cumplir el bulón, acotando la composición química en límites muy amplios que permiten el empleo de una gran variedad de aceros.

Las tablas Nº 1 y 2 representan las exigencias de las normas SAE J429 y DIN 267 respectivamente, indicándose el acero sugerido para cada caso.

3.3 Aceros para construcciones mecánicas:

Un acero IRAM 51B60 puede utilizarse con óptimos resultados en reemplazo del IRAM 5160 en la fabricación de implementos agrícolas (por su aumento de templabilidad).

4.- Usos y aplicaciones:

Una gran aplicación de aceros microaleados en laminados planos constituye la industria automotriz, que los utiliza para la fabricación de refuerzos de carrocerías, almas de paragolpes, soportes de motor, parantes, etc.

Otra importante aplicación es la fabricación de tanques y recipientes sometidos a presión, debido al gran ahorro en peso y costo que representa la utilización de estos aceros.

4- Propiedades de los aceros al B

4.1- Resistencia a la fatiga:

Los ensayos realizados con cargas alternativas de tracción –compresión en bulones de grado 8.8 (10B38) y 10.9 (51B35) con rango de carga 200 MP a 10^6 ciclos fueron satisfactorios comparados con un acero SAE4140.

4.2 Resistencia al impacto:

Los ensayos de impacto en función de la temperatura revelan que las zonas de rotura frágil se presentan a partir de -60° .

4.3 Características:

- IRAM 15B21: este acero podría reemplazar a un 1038 para un grado, 8.8 hasta un diámetro de 7mm. La principal ventaja sería la disminución del desgaste en la matriz de estampado por el empleo de un acero con 0.20 % e en lugar de uno con 0.38 % C.
- IRAM IOB38: para un grado 8.8 podría reemplazar a los aceros aleados hasta un diámetro de 18mm. Para el grado 10.9 podrían ser utilizados hasta un diámetro de 10mm en lugar de los aceros 4140 y 8640.
- IRAM 51B35: puede substituir a los aceros IRAM 4140 Y8640 en los grados 10.9 y 12.9 hasta un diámetro de 30mm y en grado 8.8 puede ser utilizado hasta un diámetro de 40mm.

Tabla N° 1:

Grados, exigencias y aceros propuestos p/ norma SAE J 429

GUIA DE SELECCIÓN

PRODUCTOS SEGÚN NORMA SAE

N O R M A S A E J 4 2 9 / 8 0

G R A D O	PRODUCTO	N / Y	COMPOSICIÓN QUÍMICA (-)						ACERO SUGERIDO	TAMARO REAL				PROBETA MAQUINADA		DUREZA NUCLEO (HR)		DIAMETROS (Pulg.)
			C		Mn	P	S	B		σ _F	σ _R	σ _F	σ _R	ALARG	ESTRIC	Min	Max	
			Min	Max	Min	Max	Max	Min		Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	
1	Tornillos Tirafondos	N							1008 Al	23,2	42,2	25,3	42,2	18	35	B 70	B 100	1/4 a 1 1/2
2	Pernos Remaches Tuercas	N	-	0,55	-	0,048	0,058	-	1008 Al	38,7	52,0	40,0	52,0			B 80	B 100	1/4 a 3/4
									1010 Al	23,2	42,2	25,3	42,2	18	35	B 70	B 100	1/4 a 1 1/2
4	Esparragos Prisioneros Tuercas Espec.	N							1038 H	45,7	80,8	70,3	80,8	10	35	C 22	C 32	1/4 a 1 1/2
5	Bulones Alta Resistencia	T	0,28	0,55					1038 H (10) 10B35 (18) 10B38 (18) 51B35 (40)	59,8	84,4	64,7	84,4			C 25	C 34	1/4 a 1
					0,048	0,058				52,0	73,8	56,9	73,8	14	35	C 19	C 30	1 a 1 1/2
5.1	Tornillos con Arandela Pernos Espec.	T	0,15	0,30					1022 (10) 15B21 (10)	-	-	-	-	-	-	C 25	C 40	1/4 a 5/8
5.2	Tuercas Espec.	T	0,15	0,25	0,74			0,0005	15B21 (10)	59,8	84,4							
7	Bulones Espec. Pernos para oruga	T							10B38 (10)	73,8	93,5	80,8	93,5	12	35	C 28	C 34	
8	Bulones Alta Resistencia	T	0,28	0,55		0,040	0,045		8640 (25) 4140 (32)									1/4 a
8.1	Ind. Automotriz	T				0,048	0,058		51B35 (32)	84,4	105,5	91,4	105,5	10	35	C 32	C 38	1 1/2

N = NO TRATADO

T = TRATADO

(*) = ANALISIS SOBRE PRODUCTO BULON

() DIAMETRO MAXIMO (APROX) PARA CUMPLIR REQUISITOS DEL BULON

ESTADOS DE ENTREGA A UTILIZAR: CRUDO-RECOCIDO-RAUP SEGUN LA COMPLEJIDAD Y/O PROCESO DEL ESTAMPADO Y CAPACIDAD DE DEFORMACION DEL ACERO.

Tabla N° 2:

Grados, exigencias y aceros propuestos p/ norma DIN 267

GUIA DE SELECCIÓN

PRODUCTOS SEGÚN NORMA DIN

N O R M A D I N 267 /67													
GRADO	PRODUCTOS	N / T	COMPOSICION QUIMICA						ACERO SUGERIDO	σ _F kg/mm ² Min (1)	σ _R kg/mm ² Min (1)	A1 % Min (1)	DIAMETROS (mm)
			C		P Max	S Max	Mo Min	(A) Min					
			Min	Max									
3,6	Tornillos	N	-	0,20					1008 A1	18	34	24	≤ H 40
4,6	Tirafondos	N			0,06	0,07	-	-	1008 A1	24	40	25	
4,8	Pernos Remaches	N	-	-					1010 A1	32	40	14	
5,6	Tuercas	N							1020	30	50	20	≤ H 40
5,8	Tornillos con arandela	N							15B21	40	50	10	
6,6	Pernos Especiales	N	-	-	0,06	0,07	-	-	1022	36	60	16	
6,8	Prisioneros Esparragos	N							15B21	48	60	8	
6,8	Tuercas Especiales	N							1038 H	54	60	12	
6,9	Bulones	N											
8,8	Bulones Alta Resistencia	T	0,32	0,50				-	1038 H (10)	64	80	12	≤ H 24
					0,04	0,05		0,50	10838 (18)				H 24 ≥ H 40
10,9	Pernos para Oruga	T	0,32	0,50				-	10838 (10)	90	100	9	≤ H 8
			0,19	0,52				0,9	4140 (32)				H 8 ≥ H 40
12,9	Bulones Especiales	T	0,19	0,52				-	8640 (20)	108	120	8	≤ H 8
		*			0,035	0,035		0,9	4140 (28)				H 8 ≥ H 24
								0,15	51835 (28)				H 24 ≥ H 40
14,9	Bulones Especiales	T	0,19	0,52				0,2	4140	126	140	7	≤ H 18
								2,5	4340				H 18 ≥ H 40

N = NO TRATADO

T = TRATADO

(*)= SUMA DE ELEMENTOS DE ALEACION (Cr + Ni + Mo + V)

M = ROSCADOMETRICO

() DIAMETRO MAXIMO (APROX) PARA CUMPLIR REQUISITOS DEL BULON

(1) SOBRE BULONES

ESTADOS DE ENTREGA A UTILIZAR: CRUDO-RECOCIDO-RAUP SEGUN LA COMPLEJIDAD Y/O PROCESO DEL ESTAMPADO Y CAPACIDAD DE DEFORMACION DEL ACERO.

CARACTERISTICAS METALURGICAS DE LOS ACEROS AL BORO (DATOS PTA. N° 1)

4.1 ACERO TIPO 15B21

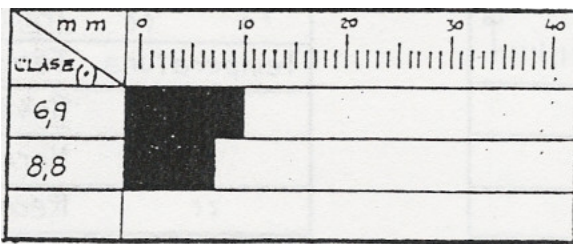
Composición Química indicativa

C	Mn	B
0.21	0.80	0.0040

Dureza del núcleo (Temple en aceite)

HRC _(min)	42	38
Diámetro	7	10

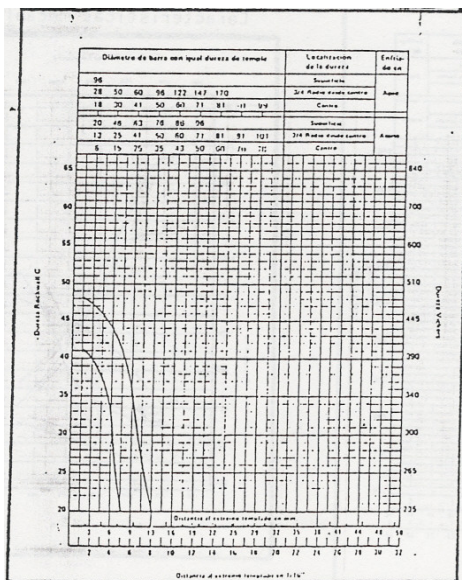
Diámetro máximo templable en aceite Temperaturas características



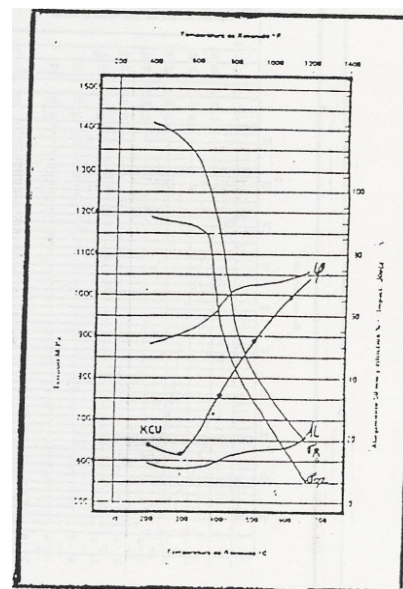
Punto crítico sup. (AC ₃)	: 830°
« « Inf. (AC ₁)	: 732°
Temperatura Temple	: 900°
« Revenido	: 500°
« Normaliza:	: 900°
« Recocido	: 700°

(.) Según DIN 267

Banda de templabilidad



Características mecánicas



4.2 ACERO TIPO 10B38

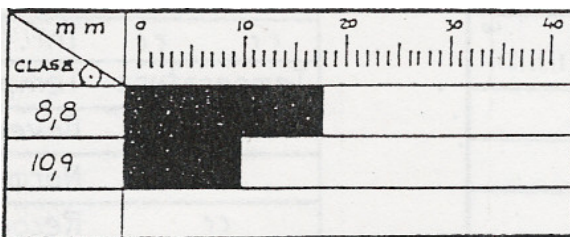
Composición Química indicativa

C	Mn	B
0.40	0.90	0.0040

Dureza del núcleo (Temple en aceite)

HRC _(min)	42	38
Diámetro	10	18

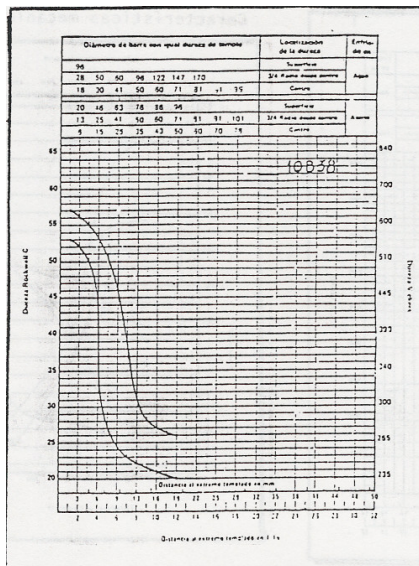
Diámetro máximo templable en aceite Temperaturas características



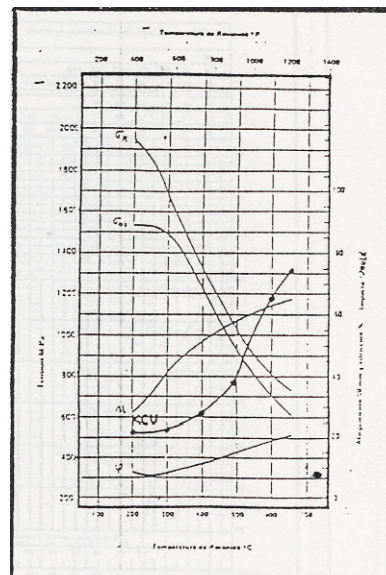
Punto crítico sup. (AC ₃)	: 780°
« « Inf. (AC ₁)	: 730°
Temperatura Temple	: 870°
« Revenido	: 550°
« Normaliza.	: 880°
« Recocido	: 700°

(.) Según DIN 267

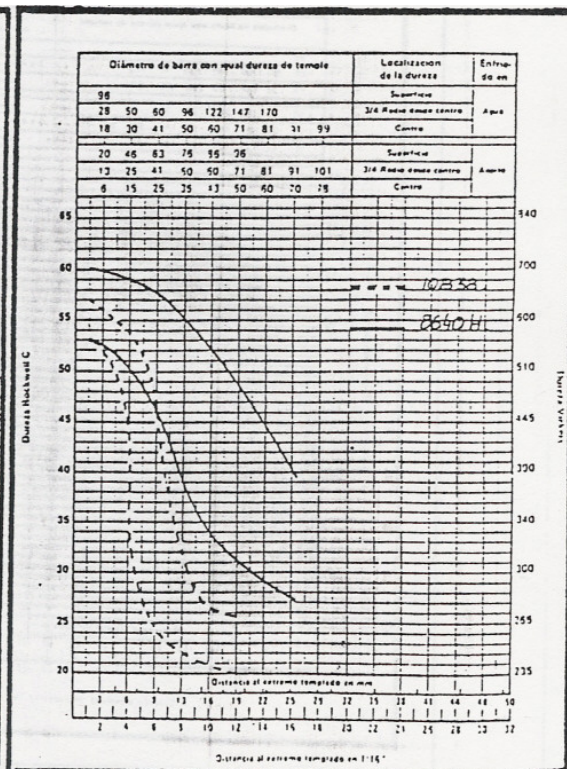
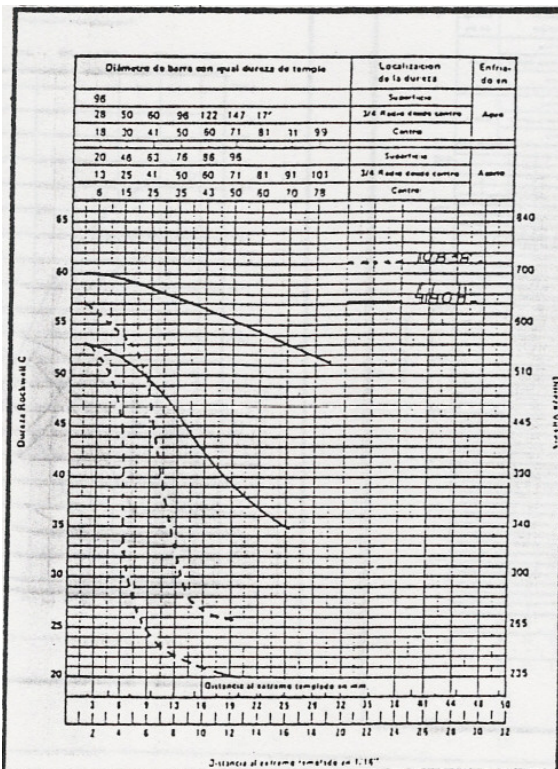
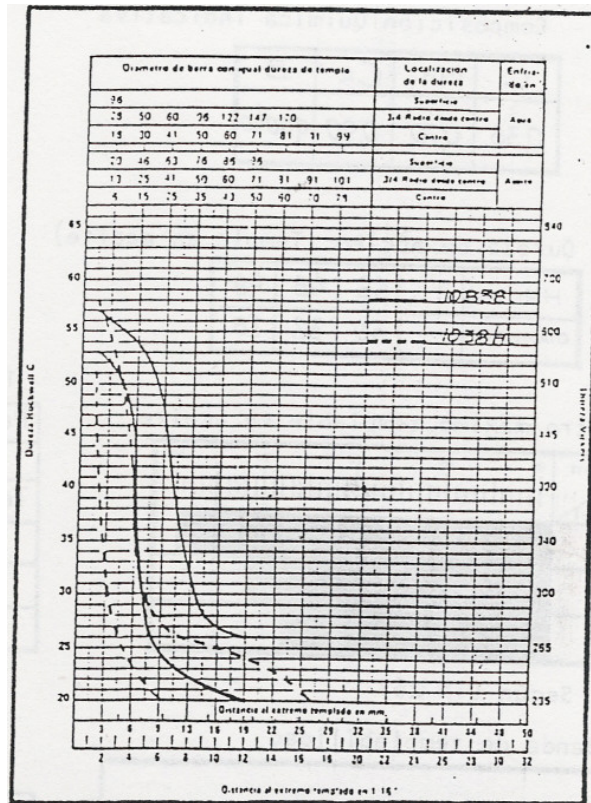
Banda de templabilidad



Características mecánicas



BANDA DE TEMPLABILIDAD COMPARATIVAS CON OTROS ACEROS



4.3 ACERO TIPO 51b35

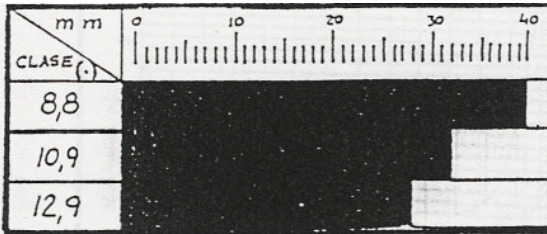
Composición Química indicativa

C	Mn	B
0.36	0.70	0.0040

Dureza del núcleo (Temple en aceite)

HRC _(min)	42	45	48
Diámetro	40	32	28

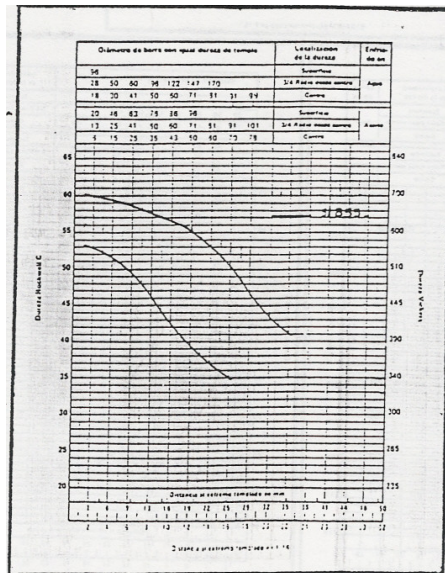
Diámetro máximo templable en aceite Temperaturas características



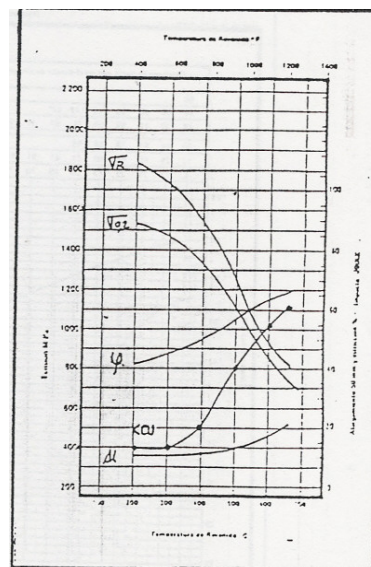
Punto crítico sup. (AC ₃)	: 790°
« « inf. (AC ₁)	: 750°
Temperatura Temple	: 860°
« Revenido	: 500-600°
« Normaliza:	: 870°
« Recocido	: 720°

(.) Según DIN 267

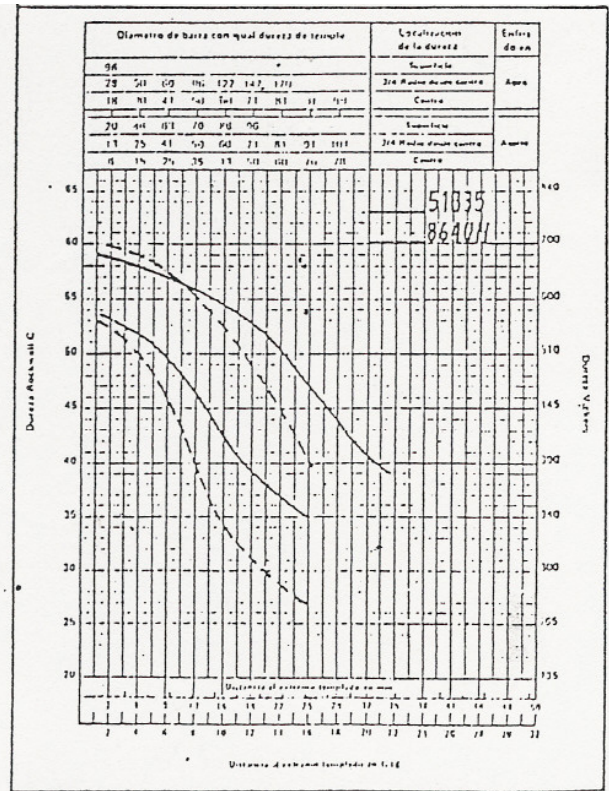
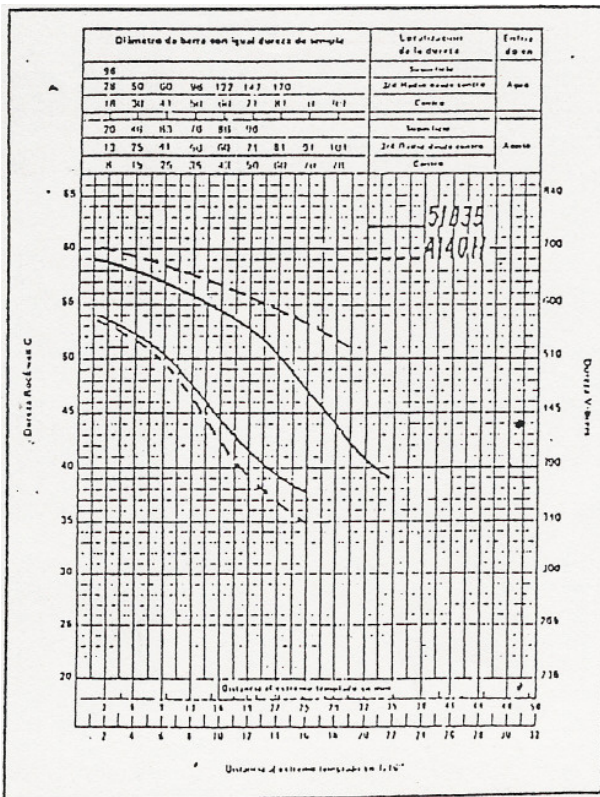
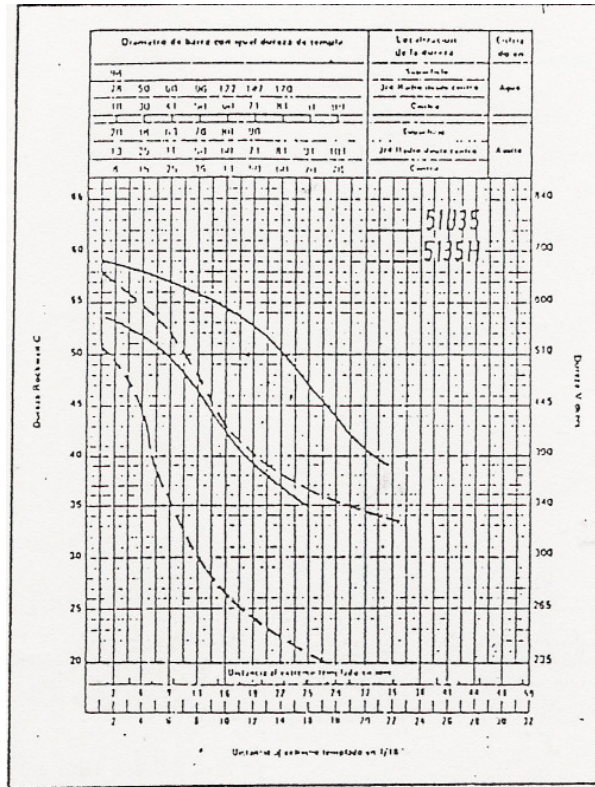
Banda de templabilidad



Características mecánicas



BANDA DE TEMPLABILIDAD COMPARATIVAS CON OTROS ACEROS



ACEROS ESTRUCTURALES

ACEROS ESTRUCTURALES

DEFINICION:

Se denominan aceros estructurales a aquellos aceros que se caracterizan por sus propiedades mecánicas sin tener en cuenta su composición química, y que no son sometidos a tratamientos térmicos.

La clasificación de estos aceros, que son empleados en todo tipo de construcciones metálicas, se hace partiendo de los ensayos de tracción determinando los valores de límite de fluencia mínimo, resistencia a la tracción mínima y alargamiento porcentual máximo.

Además puede clasificárselos en aceros al e que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas en general y aceros de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas tales como puentes, torres, etc.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de tracción los clasificamos en:

- Alta resistencia
- Baja resistencia
- Alto límite elástico

La norma I.R.A.M. los clasifica según el uso al que están destinados.

Los aceros estructurales tienen en general menos del 0.3 % e y no son tratables térmicamente. Su resistencia varía entre 35 y 53 daN-mm² y el alargamiento porcentual entre 33 y 23.

Se usan para fabricar puentes, torres de alta tensión, edificios, carrocerías de automóviles, construcciones navales, etc.

Los aceros para construcciones mecánicas deben tener un análisis químico definido para que el tratamiento térmico me garantice las propiedades buscadas. Esto no es necesario en los aceros estructurales debido a que sólo me interesan sus propiedades mecánicas y por lo tanto no llevan tratamientos térmicos para obtener dichas propiedades especiales. Se utilizan tal cual como se reciben desde la acería.

La norma IRAM - IAS U500-503 sobre aceros para construcción de uso general se aplica a productos laminados de acero tales como perfiles (T, doble T, L, u, etc.), barras macizas (redondas, cuadradas, etc.), flejes, planchuelas y chapas. Los aceros considerados en dicha norma se designarán con la letra F seguida de un número que indica el límite de fluencia mínimo expresado en daN/mm².

En general los aceros estructurales se consideran soldables por métodos normales de fusión sin tomar precauciones especiales cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- El carbono equivalente sea menor o igual que 0.55 %.
- Los contenidos de impurezas sean normales.
- Las segregaciones normales sean las propias de los aceros calmados y semicalmados.
- El espesor sea menor a 25 mm.

Por ejemplo la norma IRAM - IAS U500-42 detalla las definiciones, clasificación, condiciones generales, requisitos, inspección y recepción y métodos de ensayo de chapas de acero al C para uso general y estructural y la IRAM - IAS U500-05 sobre chapas de acero al C laminadas en frío para uso general y embutido (muy utilizadas por la industria automotriz).

NORMAS POR CONSULTAR

IRAM	TEMA
18	Muestreo al azar
850	Determinación de carbono
852	Determinación de fósforo
854	Determinación de azufre
856	Determinación de manganeso

IRAM-IAS

U 500-09	Ensayo de doblado de chapas y flejes
U 500-16	Ensayo de flexión por impacto
U 500-20	Ensayo de tracción de chapas y flejes
U 500- 102	Ensayo de tracción
U 500.103	Ensayo de doblado

1 OBJETO

1.1 Establecer las características de los productos de acero laminados en caliente que se emplean en estructuras metálicas (atornilladas, roblonadas o soldadas) y en construcciones mecánicas.

2 ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a productos laminados de acero, tales como perfiles, barras macizas, flejes y planchuelas.

2.2: Los aceros considerados en esta norma no están destinados a ser tratados térmicamente, excepto el normalizado.

2.3: Esta norma no incluye los aceros para los cuales ya existe una norma particular.

TABLA I

DESIGNACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Designación del acero	
Actual	Anterior
F-19	A-33
F-20	A-34
F-24	A-37
F-26	A-42
F-36	A-52
F-45	A-55
F-30	A-50
F-34	A-60
F-37	A-70

3 DESIGNACIÓN Y CLASIFICACIÓN

3.1 Los aceros considerados en esta norma se designarán con la letra F seguida de un número que indica el límite de fluencia mínimo, expresado en decanewton por milímetro cuadrado y se clasificarán en la forma indicada en la tabla 1.

3.2 Los aceros de designación F-20, F-24, F-26, F-36 y F-45 se emplearán en estructuras metálicas. Los aceros de designación F-30, F-34 Y F-37 se emplearán en construcciones mecánicas (fabricación de piezas de máquinas y equipos).

Corresponde a la revisión de la edición de agosto de 1973 de la norma IRAM 503.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723. Prohibido la Reproducción.

Impreso en la Argentina en Junio de 1983

El acero F-19 estará destinado a uso general denominándose comúnmente comercial.

4 CONDICIONES GENERALES

4.1 FABRICACIÓN

4.1.1

El acero se fabricará por el proceso de horno de solera abierta (Siemens Martin), horno eléctrico, básico al oxígeno, Thomas o cualquier otro proceso aprobado por el comprador. El proceso de fabricación será informado por el fabricante a pedido del comprador.

4.1.2

El estado de desoxidación del acero se especificará en las bases de compra. Cuando no se especifique quedará a criterio del fabricante, informándose al comprador, si éste lo solicita.

4.2 ESTADO DE ENTREGA

Los productos se suministrarán en estado natural de laminación. Por convenio previo, podrán suministrarse con tratamiento térmico de normalizado.

4.3 ESTADO DE LA SUPERFICIE

4.3.1

Los productos tendrán una superficie lisa acorde con el proceso de laminación en caliente y no presentarán defectos que impidan el uso para el cual han sido solicitados.

4.3.2

Los defectos superficiales podrán eliminarse a condición que, en ningún caso, el espesor nominal sea reducido localmente a menos del 96 % o más de 3mm, adoptándose el que resulte menor.

4.3.3

Por convenio previo, los defectos superficiales que no puedan eliminarse de acuerdo con 4.3.2, podrán reacondicionarse eliminando completamente el defecto mediante cincelado o amolado, y posteriormente, reparada con soldadura siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a) En el caso de productos planos, el área con defectos mayores que los previstos en 4.3.2, de una cara, no deberá superar el 2% de la superficie de esa tara;

b) Después de la eliminación completa del defecto, y antes de efectuar la reparación con soldadura, el espesor no será reducido a menos del 80% del espesor nominal;

c) La reparación con soldadura se efectuará mediante procedimientos adecuados, por operarios debidamente calificados y con materiales de aporte aprobados. El resalte del cordón de soldadura se nivelará por amolado hasta que el producto cumpla con las tolerancias de espesor admitidos.

Si la reparación se realiza sobre un producto en estado natural de laminación, se determinará previamente si debe realizarse un tratamiento térmico de normalizado.

Si la reparación se realiza sobre un producto normalizado se efectuará siempre un nuevo tratamiento de normalizado.

4.3.4

Por convenio previo podrán establecerse el tipo y nivel de defectos internos admisibles, En ese caso, deberán fijarse las condiciones de aceptación o rechazo.

4.3.5

Por convenio previo se establecerá el estado de la superficie de los productos destinados a ser cincados por inmersión en caliente.

4.3.6

Por convenio previo, los productos planos podrán suministrarse sin decapar o decapados (química o mecánicamente).

4.4 SOLDABILIDAD

4.4.1

Los aceros F-20, F-24, F-26, F-36 y F-45 se considerarán soldables por métodos normales de fusión sin tomar precauciones especiales, cuando se cumpla que:

a) El carbono equivalente sea menor o igual que el 0,55 %, calculado según la fórmula siguiente:

Carbono equivalente

$$(C) \% = C \% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\%+Mo\%+V\%}{5} + \frac{Ni\%+Cu\%}{15}$$

b) Los contenidos de impurezas sean normales y los contenidos de elementos residuales sean limitados; con las segregaciones normales sean las propias del acero calmado y semicalmado.

La soldabilidad estará limitada y la operación requerirá precauciones especiales crecientes cuando:

- a)** el carbono equivalente sea mayor que 0,55%;
- b)** el espesor sea mayor que 25mm;
- c)** se suelden aceros efervescentes;
- d)** el material se emplee en un componente crítico;
- e)** el diseño de la junta soldada imponga condiciones apreciables de concentración de tensiones, triaxialidad, sollicitación a través del espesor, cargas dinámicas elevadas, etc.;
- f)** se suelde en condiciones de baja temperatura ambiente.

En estos casos se recomienda la consulta previa del usuario al fabricante. Se presume una adecuada práctica de soldadura, la que excluya defectos atribuibles al proceso, tales como:

- a)** equipamiento defectuoso;
- b)** procedimiento incorrecto (por ejemplo, el que provoque susceptibilidad a la rotura frágil no atribuible al material base);
- c)** material de aporte inapropiado;
- d)** operador no calificado;

4.4.2

No puede garantizarse una aptitud de soldabilidad general de los aceros para los diversos procedimientos soldadura, dado que el comportamiento del acero, durante y después de la soldadura, no depende de la composición química del material sino también de las medidas, de la forma, del proyecto de la obra y de las condiciones de realización de la soldadura.

4.4.3

Para soldar por fusión se recomiendan, en general aceros calmados o semicalmados con preferencia a los aceros efervescentes, en especial cuando la soldadura puede ser afectada por las zonas de segregación.

4.5 BASES DECOMPRA.

Al solicitar productos según esta norma se indicará:

- a)** la masa del material solicitado en kilogramos;
- b)** el tipo de producto (barras, perfiles, flejes, etc.);
- c)** las medidas del producto;
- d)** la designación del acero;
- e)** el estado de entrega del producto (estado natural de laminación o normalizado);
- f)** otros requisitos;
- g)** el uso final, a título informativo;
- h)** el número de esta norma.

5 REQUISITOS

5.1 CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS.

Las características mecánicas y la composición química garantizadas, para cada acero, serán las indicadas con x en la tabla II.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS

Designación del acero		Características mecánicas				Análisis químico de calidad y de comprobación		
Actual	Anterior	Re *	R **	A ***	Doblado	Carbono	Fósforo	Azufre
F-19	A-33	x	x	x	x		x	x
F-20	A-34	x	x	x	x	x	x	x
F-24	A-37	x	x	x	x	x	x	x
F-26	A-42	x	x	x	x	x	x	x
F-36	A-52	x	x	x	x	x	x	x
F-45	A-55	x	x	x	x	x	x	x
F-30	A-50	x	x	x		x	x	x
F-34	A-60	x	x	x		x	x	x
F-37	A-70	x	x	x		x	x	x

*Re: Límite de fluencia

**R: Resistencia a la tracción

***A: Alargamiento de rotura

5.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

5.2.2

Las características mecánicas de los aceros en estado de entrega, verificadas según 8.1, serán las indicadas en la tabla II.

5.2.2.3

El espesor nominal del producto que deberá considerarse para los valores indicados en la tabla 3, será:

- a) en secciones simples y regulares: la medida nominal;
- b) en perfiles: el espesor del perfil en el lugar indicado para tomar las muestras para los ensayos mecánicos;
- c) en productos de sección irregular: el mayor espesor de la parte plana del producto.

5.2.4 Tracción

5.2.4.1

Salvo que se establezca lo contrario, los valores mínimos de la resistencia a la tracción, podrán ser menores en 20 MPa de los valores indicados en la tabla III.

TABLA III
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Designación del acero		Límite de fluencia mínimo (R _e) (MPa)			Resistencia a la tracción mínima R (MPa)	Alargamiento de rotura A (%) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$		Doblado a 180° sobre calza de:			
						e < 40	40 < e < 63	e < 16	16 < e < 40	40 < e < 63	
Actual	Anterior	e < 16	16 < e < 40	40 < e < 63							
F-19	A-33	190	-	-	330	18	19	3 e	3 e	3 e	
F-20	A-34	210	200	190	340	28	27	0,5e	1 e	1 e	
F-24	A-37	240	230	220	370	25	24	1 e	1,5e	1,5e	
F-26	A-42	260	250	240	420	22	21	1,5e	2 e	2 e	
		16 < e < 25	25 < e < 40								
F-36	A-52	360	350	340	330	520	22	21	2,5e	3 e	3 e
F-45	A-55	450	430	410	400	550	19	18	2,5e	3,5e	3,5e
F-30	A-50	300	290	280	270	500	20	19	-	-	-
F-34	A-60	340	330	320	310	600	15	14	-	-	-
F-37	A-70	370	360	350	340	700	10	9	-	-	-

e: el espesor nominal del producto, en milímetros
10 MPa ~ 1 kgf/mm²

5.2.4.2

Los valores de alargamiento indicados en la tabla III corresponden a probetas longitudinales de productos de espesor menor o igual que 63mm. Para probetas transversales de flejes de espesor mayor que 3mm, los valores podrán disminuir hasta en un 2% cuando el fleje se suministra en estado normalizado y en un 4%, cuando se suministra en estado de laminación.

5.2.4.3

Para flejes cuyo espesor es igual que 3mm, el alargamiento, de rotura será:

F-19: 14%

F-20 : 20%

F-24 : 18''%

F-26 : 16%

F-36: 16''%

F-45 : 15''%

F-30: 14''%

F-34:10%

F-37: 6%'

Para espesores menores que 3mm, el valor del alargamiento podrá disminuir, hasta en un 2% por cada milímetro de espesor.

5.2.5 Doblado

En las probetas sometidas al ensayo de doblado según 8.1.2 no deberán observarse, a simple vista, fisuras transversales en la cara externa de la zona doblada.

5.2.6 Flexión por Impacto

5.2.6.1

El ensayo de flexión por impacto se realizará sólo cuando haya sido indicado expresamente en la base de compra.

5.2.6.2

El valor de Impacto en acero calmado, verificado según 8.1.3, será el establecido en la tabla IV. En todos los casos deberá especificarse la temperatura de ensayo (0° C ó 20° C).

TABLA IV
FLEXIÓN POR IMPACTO
PARA ACEROS CALMADOS

Designación del acero	Valor de impacto mínimo para 0 °C y 20 °C	
	KV (J)	KCV (daJ/cm ²)
F-19	-	-
F-20	28	3,5
F-24	28	3,5
F-26	28	3,5
F-36	28	3,5
F-45	28	3,5

5.2.6.3

El valor de impacto indicado en la tabla IV corresponde al promedio de tres determinaciones, entre las que ningún valor individual será menor que 2daJ/cm² para KCV y 16 J para KV.

5.2.6.4

Los valores de impacto para aceros, semicalmados o efervescentes; como así también los correspondientes a temperatura de ensayo de -20° C, se establecerán por convenio previo.

5.2.6.5

Para los productos en los cuales no puede tomarse la probeta de flexión por impacto establecida en esta norma o para productos de espesor mayor probeta y los resultados de ensayos de flexión por impacto se establecerán por convenio previo.

5.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

5.3.1

La composición química del análisis de colada y de comprobación, verificada según 8.2, será la establecida en la tabla.

5.3.2

El contenido de carbono indicado en la tabla V corresponderá a productos de espesor menor o igual que 63mm; para espesores mayores se lo establecerá por convenio previo.

5.3.3

El contenido de carbono en el análisis de colada indicado para los aceros F-30, F-34 y F-37 serán valores indicativos.

TABLA V
COMPOSICIÓN QUÍMICA

Designación del acero		Análisis de colada			Análisis de comprobación para aceros calmados y semicalmados		
Actual	Anterior	C máx. (%)	P máx. (%)	S máx. (%)	C máx. (%)	P máx. (%)	S máx. (%)
F-19	A-33	-	0,050	0,050	-	-	-
F-20	A-34	0,17	0,050	0,050	0,21	0,060	0,060
F-24	A-37	0,20	0,050	0,050	0,24	0,060	0,060
F-26	A-42	0,25	0,050	0,050	0,29	0,060	0,060
F-36	A-52	0,22	0,050	0,050	0,26	0,060	0,060
F-45	A-55	0,22	0,050	0,050	0,26	0,060	0,060
F-30	A-50	~0,25	0,050	0,050	-	0,060	0,060
F-34	A-60	~0,40	0,050	0,050	-	0,060	0,060
F-37	A-70	~0,50	0,050	0,050	-	0,060	0,060

6 MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

6.1 MARCADO

Cada paquete de productos considerados en esta norma llevará marcadas en una etiqueta resistente al manipuleo, además de las que establezcan las disposiciones legales vigentes, las indicaciones siguientes:

- a) la marca registrada o el nombre y apellido o la razón social del fabricante o del responsable de la comercialización del producto (representante, fraccionador, vendedor, importador, etc.);
- b) el tipo de producto (barras, perfiles, etc.);
- c) las medidas del producto, en milímetros;
- d) la designación del acero;
- e) otras indicaciones que se establezcan por convenio previo;
- f) el número de esta norma.

6.2 EMBALAJE

El tipo y forma de embalaje se establecerá por convenio previo.

7 INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN

7.1 UNIDAD DE MUESTREO

La inspección recepción sobre la base de entregas por lotes formados por coladas identificadas o no. La unidad de muestreo, para lotes de colada no identificada, será de 20 t fracción y para lotes de coladas identificadas será de 40 t o fracción, por cada colada.

Ejemplo:

- a)** en un lote de 30 t de coladas no identificadas, la unidad de muestreo será dos;
- b)** en un lote de 70 t de colada identificada, de una misma colada; la unidad de muestreo será dos;
- c)** en un lote de 80 t de distintas coladas identificadas, formado por 30 t de colada A 50 t de colada B, la unidad de muestreo será uno para la colada A y dos para la colada B.

7.2 LOTE

7.2.1

El lote estará formado por productos de las mismas medidas e igual designación de acero.

7.2.2

En el caso de lotes integrados por coladas no identificadas, el fabricante certificará que el acero corresponde a la misma designación.

7.3 MUESTRAS

7.3.1 Composición química:

Para cada unidad de muestreo se verificará la composición química para aceros calmados y semicalmados, realizándose el análisis sobre una de las muestras utilizadas para los ensayos

7.3.2 Características mecánicas:

Por cada unidad de muestreo se extraerá al azar, según la norma IRAM18, una muestra para el ensayo de tracción, una muestra para el ensayo de doblado y, cuando se haya establecido, una muestra para el ensayo de flexión por impacto.

7.4 TOMA DE MUESTRA

El lugar y orientación en que se tomarán las muestras para preparar las probetas para determinar las características mecánicas serán los indicados en 7.4.1/3.

7.4.1 Perfiles

Las muestras y probetas para los ensayos de tracción, doblado e impacto serán longitudinales y se tomarán en las zonas indicadas en las figuras 1 a 6. En caso de perfiles de medidas pequeñas se tomarán lo más cerca posible de dichas posiciones. Por convenio previo, podrán extraerse del alma de la sección transversal.

7.4.2 Barras.

- a)** Para barras macizas con espesor nominal menor que 25mm, la muestra estará constituida por un trozo del producto.
- b)** Para barras macizas de espesor nominal mayor o igual que 25mm y menor o igual que 40mm, la muestra se tomará en cualquier lugar de la sección.
- c)** Para barras macizas con espesor nominal mayor que 40mm, la muestra se tomará en las zonas indicadas en las figuras 7 y 8.

7.4.3 Flejes y planchuelas.

Las muestras se tomarán de forma, que el eje longitudinal de la probeta resulte paralelo a la dirección de laminación y, aproximadamente en la mitad de la distancia entre el eje longitudinal de laminación y el borde lateral del fleje o planchuela. En el caso de flejes para los cuales se especifica ensayo de tracción transversal las muestras se extraerán transversales a la dirección de laminación.

7.5 ACEPTACIÓN O RECHAZO

7.5.1

Para el caso de lotes provenientes de coladas no identificadas, si todos los ensayos efectuados dan resultados satisfactorios, se aceptará el lote y, para el caso de lotes provenientes de coladas identificadas, se aceptará la colada.

7.5.2

Se anulará todo ensayo que falle por defectos de preparación de la probeta o se deba al mal funcionamiento de la máquina de ensayo, en cuyo caso se repetirá el ensayo extrayendo una nueva probeta.

7.5.3

En caso que los valores de los ensayos de: tracción, doblado y, análisis químico no cumplan con lo establecido en la norma, se efectuará un reensayo sobre dos nuevas probetas por cada una de las que no cumplieron con los valores establecidos. Se aceptará el lote o la colada, si todos los valores del reensayo cumplen con los establecidos en la norma; en caso contrario, será rechazado el lote o la colada.

7.5.4

En caso que el valor del ensayo de resistencia a la flexión por impacto no cumpla con los valores establecidos en la norma, se efectuará un reensayo sobre una nueva muestra (tres probetas por cada ensayo que diera resultados fallidos. El valor que se obtenga en el nuevo ensayo se promediará con el anterior y su resultado deberá cumplir con los valores establecidos en la norma; en caso contrario, el lote o la colada será rechazado.

7.5.5

Para lotes o coladas rechazadas por propiedades mecánicas, el fabricante podrá someter al material a un tratamiento térmico, seguido de una selección, para ser presentado nuevamente a inspección como un nuevo lote o colada, informando en tal caso al comprador.

7.6 LUGAR DE INSPECCIÓN

Por convenio previo, se establecerán el lugar y el momento en que se realizará la inspección y recepción.

7.7 CERTIFICADO

Cuando el usuario lo solicite, el fabricante deberá extender un certificado en el que conste que el material cumple con los requisitos establecidos en esta norma.

8 MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

8.1.1

Tracción. De la muestra extraída según 7.3.2, se prepara una probeta para tracción, con una longitud de referencia inicial $L_0 = 5,65 S_0$, cilíndrica o prismática y se ensaya según norma IRAM.IAS U 500-102.

Doblado. De la muestra extraída según 7.3.2 se prepara una probeta longitudinal para doblado y se ensaya de acuerdo con la norma IRAM.IAS U 500-09, cuando corresponda.

8.1.3 Resistencia a la flexión por impacto.

8.1.3.1

De la muestra extraída según 7.3.2 se preparan tres probetas con entalla en V, obtenidas una junto a la otra. Todas sus caras deben ser mecanizadas de modo que una de ellas no quede alejada a más de 1mm de la superficie de laminación y la generatriz del fondo de la entalladura sea perpendicular a la piel de laminación (fig. 9)

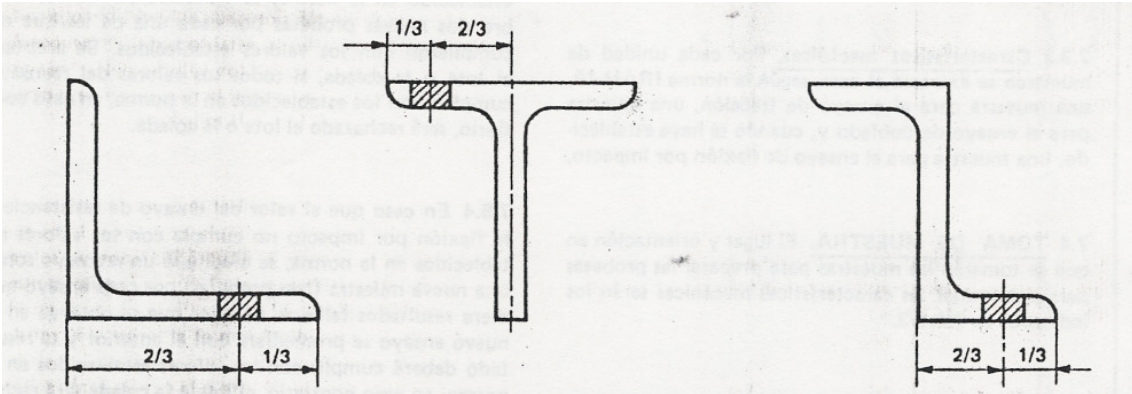


Figura 1

Figura 2

Figura 3

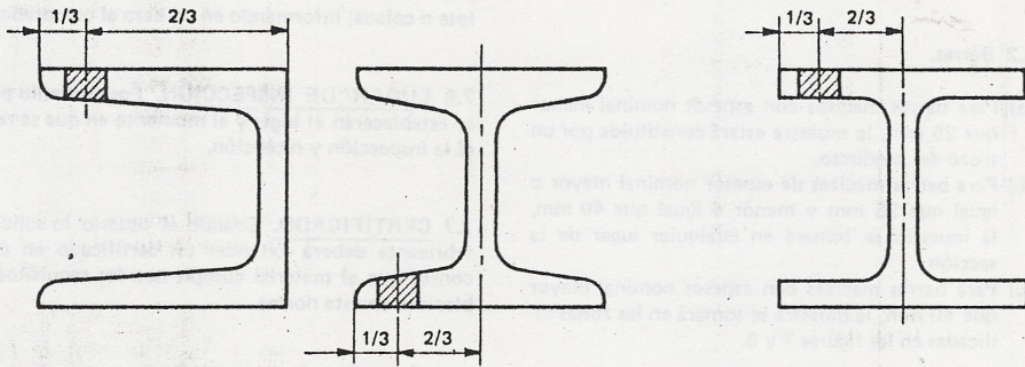


Figura 4

Figura 5

Figura 6

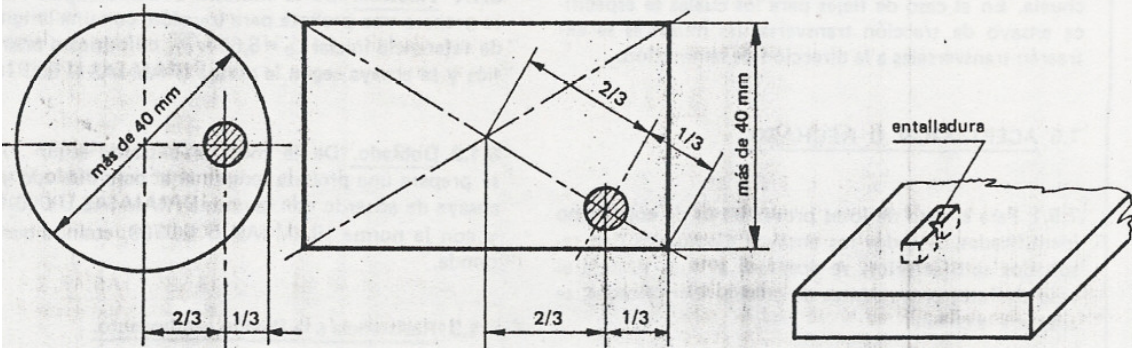



Figura 7

Figura 8

Figura 9

 Posición de la muestra

8.1.3.2

El ensayo se realiza según la norma IRAM-IAS U 500-16 y se toma como resultado el promedio de las tres determinaciones.

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA;

8.2.1 Toma de muestra

8.2.1.1

Las muestras se obtienen mediante una broca u otra herramienta que permita obtener virutas de una longitud de aproximadamente 5mm y un espesor de 0.5mm, sin emplear agua, aceite u otro lubricante. Las virutas deben estar libres de polvo, grasas otras sustancias extrañas y antes de efectuar las extracciones debe limpiarse o pulir la superficie. Durante la extracción de la muestra debe evitarse el sobrecalentamiento del material por analizar. Las herramientas empleadas en la extracción de virutas deben ser de acero rápido o de un material de características tales, que no altere la composición del producto por ensayar.

8.2.1.2

Cuando las virutas se extraen por taladrado, el diámetro aproximado de la broca debe ser el indicado en la tabla siguiente:

Área de la sección transversal de la muestra A (cm ²)	Diámetro aproximado de la broca (mm)
A < 100	12
A > 100	25

8.2.1.3

En secciones transversales no mayores que 5cm², tales como barras macizas de sección circular, cuadrada y hexagonal, se extraen virutas por maquinado de toda la sección transversal de la pieza. El método de taladrado no debe emplearse para la toma de muestras en estos productos.

8.2.1.4

En secciones transversales en que el ancho es mucho mayor que el espesor, tales como barras macizas rectangulares, perfiles y laminados planos, se obtienen virutas por taladrado total de la pieza en un punto intermedio entre el borde y el eje longitudinal del material, o por mecanizado de toda la sección transversal.

8.2.1.5

En secciones transversales mayores que 5cm², tales como barras macizas de secciones circular, cuadrada y hexagonal, se obtienen virutas en cualquier punto medio entre el exterior y el centro de la pieza por taladrado paralelo al eje o por maquinado de toda la sección transversal. En los casos que estos métodos no puedan aplicarse, la pieza puede taladrarse lateralmente, pero no se toman virutas hasta que correspondan a la porción media entre el centro y el exterior.

8.2.2 Análisis

De la viruta obtenida según 8.2.1 se preparan las muestras para efectuar el análisis químico, conforme se indica en las normas IRAM 850; IRAM 852; IRAM 854 e IRAM 856.

ORGANISMOS DE ESTUDIO

La revisión de esta norma ha estado a cargo de los organismos respectivos integrados de la forma siguiente: Comisión 5 de la 5ta Convención Nacional para Racionalizar el Consumo de Aceros-Comité de Normalización del IAS-Comisión de Aceros del IRAM.

MIEMBROS REPRESENTANTES

Sr. Juan Albertelli

Eaton ICSA

Sr. Domingo Amoroso

Bellucci y Cía.

Sr. Domingo Ballerini

Eaton ICSA

Ing. Miguel Barba

ADEFA (Chrysler Fevre)

Ing. Bernardo M. Borchard

Hoesch Argentina S.A.I.C.

Ing. Leopoldo Cao

ADEFA (Renault Argentina S.A.)

Ing. Jorge Conti-Toutín

Cámara del Forjado

Ing. Juan J. Corlevich,

Dirección General de Fabricaciones Militares

Ing. Jorge Costamagna

Sociedad Mixta Siderurgia Argentina

Ing. Fernando Delgado

CIS (Altos Hornos Zapla).

Sr. Domingo Fernández.

Centro de Industriales Siderúrgicos

Ing. Horacio Fiorino

CIS (Sociedad Mixta Siderurgia Argentina)

Sr. Antonio Funara

CIS (La Cantábrica S.A.M.I.C.)

Ing. Rodolfo Glattstein

Propulsora Siderúrgica S.A. 1.C.

Sr. Eduardo Haiebrouck

Forja S.A.

Ing. Carlos Hernández

Dálmine Siderca S.A.I.C.

Ing. Oliva Hernández
Instituto Argentino de Siderurgia

Ing. Blas Laterza
Instituto Argentino de Siderurgia

Ing. Carlos López Lemoine
CIS (Establecimientos Metalúrgicos Santa Rosa S.A.)

Ing. Leonrdo Maclis
CIS Altos Hórmos Zapla)

Sr. Carlos Mansilla
ADEFA (Renault Argentina S.A.)

Ing. Jorge MArascio
CIS (Establecimientos Metalúrgicos Santa Rosa S.A.)

Sr. Alberto Méndez
ADIM (Liggett Argentina S.A.)

Sr. J. Mesina
ADEFA (Renault Argentina S.A.)

Ing. Richard Paz y Geuse
Gurmendi S.A.

Ing. Higinio Pérez
Bellucci y Cia.

Ing. Esteban Pignani
CIS (Aceros Bragado S.A.C.I.F.)

Ing. Oscar A. Podestá
CIS (Altos Hornos Zapla)

Sr. Jorge Rivera
Alindar S.A.

Ing. Jorge Tombolesi
CIS (Altos Hornos Zapla)

Ing. Raúl E. Vázquez
CIS (Sociedad Mixta Siderurgica Argentina)

COMITÉ GENERAL DE NORMAS (C.G.N.)

Dr. L. G. Casanovas

Dr. E. Catalano

Ing. O. Donegani

Dr. A. Grosso

Ing. A. Klein

Dr. A. E. Lagos

Ing. S. Mardyks

Dr. E. Miró

Dr. A. F. Otamendi

Ing. G. Schulte

Sr. F. R. Soldi

Ing. M. Wainsztein

Prof. M. P. Mestanza

ANTECEDENTES

En la revisión de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

ISO R 630/67: Structural steels.

ISO R 1052/69: Steels for general engineering purposes.

EURONORM COMMUNATE EUROPÉENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER

Euronorm 25-72 : Aciers de construction d'usage général.

Euronorm 113-72: Aciers de construction soudables de qualité spéciale.

Nuances et qualités prescriptions générales.

AFNOR - ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION

Afnor nf a 35-501/73: Aciers de construction d'usage général; Nuances et qualités.

Afnor nf a 35.600/69: Aciers de construction d'usage général.

BSI – BRITISH STANDARDS INSTITUTION

Bs 4360/72: Specification for weldable structural steels.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG

Din 17100/66: Aceros de construcción en general. Prescripciones de calidad.

IRANOR INSTITUTONACIONAL DE RACIONALIZACION Y NORMALIZACIÓN DE ESPAÑA

UNE 36.079/73: Semiproductos de acero de uso general para relaminar.

UNE 36-077/73: Semiproductos de acero para uso general, definidos por su composición química.

UNE 36.080/73: Aceros no aleados de uso general en construcciones.

IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES

IRAM 503/73: Aceros para construcción de uso general. Clasificación y recepción por sus características mecánicas.

Chapas de acero al carbono Para uso general y estructural	IRAM-IAS U 500-42
--	------------------------------

1 NORMAS POR CONSULTAR

IRAM	TEMA
15	Recepción por atributos.
850	Determinación de carbono.
852	Determinación de fósforo.
854	Determinación de azufre.
856	Determinación de manganeso.
857	Determinación de silicio.
IRAM – IAS	
U 500-15	Método de ensayo de resistencia a la flexión por impacto sobre probeta simplemente apoyada con entalladura en V.
U 500-20	Método de ensayo de tracción para chapas y flejes de acero de espesor igual superior a 0,5mm e inferior a 3mm.
U 500-41	Embalaje para chapas.
U 500-102	Método de ensayo de tracción para aceros.
U 500-103	Método de ensayo de doblado para productos da acero.

2 OBJETO

2.1 Establecer las características de las chapas de acero al carbono laminadas en caliente, para uso general y estructural.

2.2 Esta norma no prevé características de embutido de las chapas.

3 DEFINICIONES

3.1 Chapa de acero para uso general.

Chapa de acero, utilizada en construcciones mecánicas y estructuras metálicas atornillados, roblonadas o soldadas, sometidas a sollicitaciones mecánicas a temperaturas climáticas.

3.2 Chapa de acero para usos generales.

Chapa de acero para usos en los que no se requiere especificar su resistencia a la tracción, límite de fluencia, ni alargamiento de rotura

3.3 Chapa fina.

Producto laminado plano terminado, de espesor menor o igual a 3mm y ancho mayor de 500mm.

3.4 Chapa mediana.

Producto laminado plano terminado de espesor mayor de 3mm y menor o igual a 4.75mm, y ancho mayor de 500mm

3.5 Chapa gruesa.

Producto laminado plana terminado, de espesor mayor de 4,75mm
Hecho el depósito que marca la Ley 11.723. Prohibida su reproducción.
Impresa en la Argentina en Abril de 1981

y ancho mayor de 500mm.

3.6 Bobina.

Chapa suministrada en forma de rollos, con espesor y ancho definidos y largo variable.

3.7 Hoja.

Chapa plana cortada en largos definidos.

3.8 Chapas con bordes de laminación.

Son las obtenidas durante el proceso de laminación sin otro tratamiento posterior.

3.9 Chapas con bordes cortadas mecánicamente.

Chapas en las que se han eliminado los bordes de laminación por medio de corte mecánico lateral.

3.1.0 Dimensión nominal.

Dimensión de referencia, según la cual se definen las dimensiones límite.

3.1.1 Tolerancia.

Valor absoluto de la diferencia entre, las dimensiones máxima y mínima.

3.1.2 Discrepancia.

Diferencia algebraica entre una dimensión máxima a mínima y la dimensión nominal correspondiente.

3.1.3 Fuera de plana.

Altura máxima de la desviación de la forma de la superficie real de la chapa, respecta a una superficie plana de referencia. La altura h se mide desde el plano de referencia a la cara de la chapa en contacto (fig. 1)

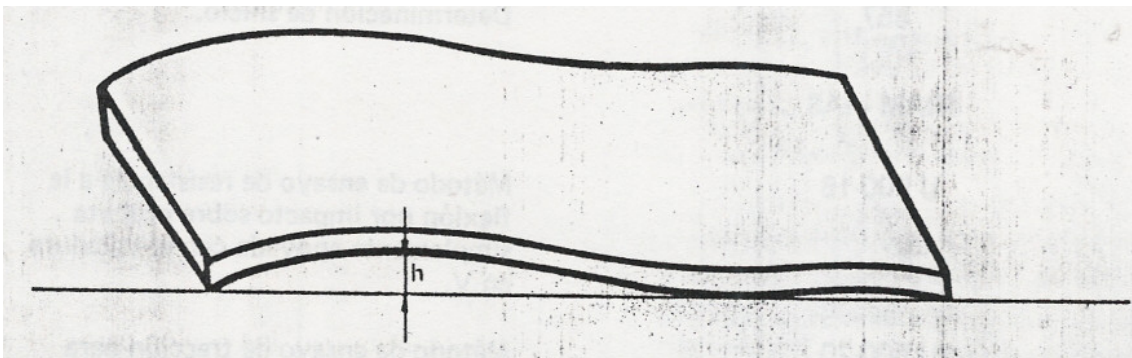


Figura 1

Designación	Uso
F-00	General (comercial)
F-22 F-24 F-30 F-36	Estructural

5 CONDICIONES GENERALES

5.1. PROCESO DE ELABORACIÓN

Las chapas se fabricarán con aceros obtenidos por el proceso de horno de solera abierta (Siemens-Martin), horno eléctrico, básico al oxígeno, o cualquier otro proceso aprobado por el comprador. El proceso de fabricación será informado por el productor a pedido del comprador.

5.2. BORDES

Las chapas se suministrarán con bordes de laminación o bordes cortados, según se especifique en la base compra.

5.3. FORMA DE ENTREGA

Las chapas podrán entregarse en bobinas o en hojas, decapadas o no. La entrega en bobinas implica que éstas podrán incluir dos puntas de laminación.

5.4 ESTADO DE ENTREGA

Las chapas son generalmente suministradas en estado natural de laminación, por convenio previo podrán entregarse en estado normalizado.

5.5 DEFECTOS

5.5.1

Las chapas estarán libres de defectos perjudiciales para el uso a que serán destinadas.

5.5.2 Defectos superficiales.

5.5.2.1

Salvo convenio previo, se garantizará el acabado superficial de una sola de las caras de la chapa.

5.6.2.2

Los defectos superficiales de las chapas podrán eliminarse por amolado, siempre que el espesor no sea reducido localmente a menos del 96% del espesor nominal, pero en ningún caso en más de 3mm.

5.5.2.3

Por convenio previo, las chapas con defectos cuya profundidad es mayor que la indicada en 5.5.2.2, siempre que su extensión no supere el 2" de la superficie o de una cara de la chapa, podrán reacondicionarse eliminando completamente el defecto mediante cincelado y/o amolado y, posteriormente, reparado con soldadura, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a) Después de eliminar completamente el defecto y antes de la soldadura, el espesor no se reducirá a menos del 80% del espesor nominal.

b) La reparación con soldadura se efectuará mediante procedimientos adecuados, por operarios debidamente calificados y con materiales de aporte aprobados. El sobreespesor del cordón de soldadura se nivelará por amolado hasta que la chapa cumpla con las tolerancias admitidas.

Si la reparación se realiza sobre una chapa en estado natural de laminación, se determinará por convenio previo, si debe realizarse un normalizado posterior a la reparación. Si la reparación se efectúa sobre una chapa normalizada, siempre se realizará un nuevo tratamiento de normalizado.

5.5.3 Defectos Internos

Por convenio previo, podrán establecerse el tipo y nivel de defectos internos admisibles. En este caso, se fijarán las condiciones de aceptación o rechazo.

5.6 PROTECCIÓN SUPERFICIAL.

5.6.1

Las chapas decapadas se suministrarán con su superficie aceitada o seca. De no indicarse expresamente esta última condición, se suministrarán con su superficie aceitada. Los aceites utilizados deberán ser anticorrosivos y permitir su remoción de la superficie de las chapas mediante disolventes clorados autorizados (tricloro o percloro etileno), soluciones alcalinas o detergentes industriales. De acordarse el suministro de chapas con superficie seca no se garantiza la no aparición de oxidación superficial.

5.6.2 Cuando se requiera una protección superficial anticorrosiva determinada, ésta se establecerá por convenio previo.

6.7 SOLDABILIDAD

Las chapas consideradas en esta norma poseen aptitud de soldabilidad por fusión en lo vinculado con:

a) contenido en cuchara, de carbono, fósforo, azufre y elementos de presencia residual y no especificada;

b) carbono equivalente, de cuchara, según:

$$C(\&) + \frac{Mn ("fe)}{6}$$

c) segregaciones normales propias de aceros calmados y semicalmados;

Dicha aptitud es excluyente de:

- 1)** Segregaciones en aceros efervescentes;
- 2)** Dureza del metal en la zona afectada por el calor durante la soldadura, si dicha dureza es imputable a la composición química del metal de aporte, al calor aportado durante la soldadura o a la velocidad de enfriamiento una vez finalizada la misma. Es decir, cuando la ocurrencia de susceptibilidad a la

rotura frágil es provocada por causas imputables a un inapropiado proceso de soldadura;

3) Chapas de espesor nominal mayor que 25mm;

4) Defectos internos en las zonas correspondientes a puntas de bobina;

5) Elección o uso indebido de equipo, método y materiales para soldar.

NOTA: Cuando la soldadura esté sometida a sollicitaciones de consideración tales como: alta triaxilidad, elevadas cargas dinámicas, seguridad crítica, etc., se recomienda indicarlo expresamente en el pedido.

5.8 BASE DE COMPRA

Al solicitar chapas de acero al carbono para uso estructural se indicará:

- a)** la masa total de chapas, solicitada, en kilogramos;
- b)** la designación del acero, según esta norma;
- c)** el espesor, el ancho y en el caso de hojas, la longitud, en milímetros;
- d)** el tipo de bordes (de laminación o cortados);
- e)** el estado de entrega (bobinas u hojas, decapadas);
- f)** el estado de entrega, de laminación o normalizadas;
- g)** los requisitos adicionales, si se especifican (ver 6.7);
- h)** el uso final;
- i)** el tipo de embalaje;
- j)** el número de esta norma.

6 REQUISITOS

6.1 CACTERÍSTICAS MECÁNICAS

6.1.1 Tracción.

Las características de tracción de las chapas, verificadas según 8.1.1, serán las establecidas en la tabla I.

6.1.2. Doblado

La chapa, sometida al ensayo de doblado según 8.1.2, a un ángulo de 180° sobre calza, de los espesores indicados en la tabla 1, no presentará fisuras o grietas en la cara exterior de la zona doblada.

6.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

6.2.1

La composición química de los aceros para el análisis de colada, verificado según 8.2, tendrá el contenido de carbono, carbono equivalente, silicio, fósforo y azufre, que se indica en la tabla 2.

6.2.2

La variación admisible en el análisis de comprobación por encima del límite establecido, para el análisis de colada, será la indicada en la tabla 3, excepto las chapas de acero efervescente, para las que no se garantizan dichos valores.

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Características mecánicas	Espesor e (mm)	Designación					
		F-00	F-22	F-24	F-30	F-36 (2)	
Resistencia a la tracción mínima MPa (kgf/mm ²) (1)	e < 50	—	363 (37)	412 (42)	490 (50)	510 (52)	
Límite de fluencia mínimo MPa (kgf/mm ²)	e < 16	—	216 (22)	235 (24)	294 (30)	353 (36)	
	16 < e < 25	—	206 (21)	226 (23)	284 (29)	333 (34)	
	25 < e < 40	—	206 (21)	226 (23)	275 (28)	—	
	40 < e < 50	—	196 (20)	216 (22)	265 (27)	—	
Alargamiento de rotura mínimo (%)	$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$	—	22	20	18	18 _φ	
	$L_0 = 50 \text{ mm}$	—	26	24	22	22	
	$L_0 = 200 \text{ mm}$	12,5 < e < 15	—	17	16	14	14
		15 < e < 20	—	18	16	15	15
		20 < e < 25	—	18	17	15	15
		25 < e < 35	—	19	17	15	—
35 < e < 50		—	19	17	15	—	
Doblado a 180° sobre calza	e < 5	1e	—	—	—	—	
	5 < e < 8	2e	2e	2,5e	3e	3e	
	8 < e < 12,5	3e	—	—	—	—	
	12,5 < e < 25	4e	3e	3,5e	4e	4e	
	25 < e < 50	—	3,5e	4e	4,5e	—	

(1) Los valores mínimos de resistencia a la tracción podrán disminuirse en 19.6 MPa (2 kgf/mm²) siempre que se satisfagan los valores mínimos del límite de fluencia y del alargamiento de la rotura.

(2) Las características mecánicas de la chapa de designación F-36, indicada en la tabla se aplican para espesores menores o iguales de 25mmi. Para espesores mayores deben establecerse por convenio previío. Cuando las chapas fabricadas con ésta calidad de acero se suministran en bobinas u hojas cortadas de bobinas se admitirán valores de límite de fluencia hasta 19.6 MPa (2 kgf/mm²) por debajo del mínimo especificado.

TABLA 2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE COLADA

Designación	C máx. (%) ± 0,04%					C Equivalente = $\left(C(\%) + \frac{Mn(\%)}{6} \right) \text{máx.}(\%)$					Si máx. (%) ± 0,05	P máx. (%) ± 0,01	S máx. (%) ± 0,01
	e < 5	5 < e < 8	8 < e < 12,5	12,5 < e < 25	25 < e < 50	e < 5	5 < e < 8	8 < e < 12,5	12,5 < e < 25	25 < e < 50	Todos los espesores		
F-00	0,18	0,20	0,23	0,23	0,25	0,30	0,35	0,43	0,43	0,45	-	0,040	0,050
F-22	0,21		0,22	0,23	0,38			0,40	0,42	0,35	0,030	0,035	
F-24	0,21		0,22	0,24	0,38			0,42	0,45	0,35	0,030	0,035	
F-30	0,21		0,23	0,25	0,45			0,48	0,51	0,35	0,030	0,035	
F-36	0,22		0,24	-	0,50			0,53	-	0,55	0,030	0,035	

TABLA 3
VARIACIÓN ADMISIBLE
EN EL ANÁLISIS DE COMPROBACIÓN

Elemento	Variación por encima del límite máximo (%)
C	0,04
Mn	0,05
Si	0,05
P	0,01
S	0,01

6.3. MEDIDAS

6.3.1 Espesor

6.3.1.1

El espesor nominal de las chapas y la discrepancia admisible verificadas según 8.3.1 serán las establecidas en la tabla 4.

TABLA 4
ESPESOR NOMINALY DISCREPANCIA DE LAS CHAPAS

Espesor de la chapa			Espesor de la chapa		
Nominal (mm)	Discrepancia (mm)		Nominal (mm)	Discrepancia (mm)	
	Para anchos nominales a (mm)			Para anchos nominales a (mm)	
	a < 1200	1200 < a < 1500		a < 1200	1200 < a < 1500
2,00	± 0,20	± 0,20	8,00	+ 0,58 - 0,25	+ 0,69 - 0,25
2,25	± 0,20	± 0,20	9,50	+ 0,62 - 0,25	+ 0,69 - 0,25
2,50	± 0,25	± 0,25	12,50	+ 0,63 - 0,25	+ 0,71 - 0,25
2,85	± 0,25	± 0,25	15,50	+ 0,85 - 0,25	+ 0,90 - 0,25
3,20	± 0,25	± 0,25	20,00	+ 1,05 - 0,25	+ 1,20 - 0,25
3,55	± 0,25	+ 0,30 - 0,25	25,00	+ 1,20 - 0,25	+ 1,30 - 0,25
4,00	± 0,25	+ 0,30 - 0,25	30,00	+ 1,50 - 0,25	+ 1,60 - 0,25
4,75	± 0,25	+ 0,35 - 0,25	40,00	+ 2,00 - 0,25	+ 2,15 - 0,25
6,35	+ 0,57 - 0,25	+ 0,66 - 0,25	50,00	+ 2,50 - 0,25	+ 2,65 - 0,25

6.3.1.2

Las chapas suministradas en bobinas sin despuntar los extremos, podrán tener en los mismos una longitud, que deberá establecerse por convenio previo, en la que el espesor esté fuera de los límites establecidos.

6.3.2 Ancho

Los anchos normales nominales de las chapas serán: 1000mm; 1220mm y 1500mm.

6.3.2.1 Discrepancia en el largo

6.3.2.1.1

Las discrepancias en el largo de las chapas en hojas cortadas de bobinas de espesor menor de 7mm, verificadas según 8.3.3, serán las establecidas en la tabla 5.

TABLA 5
DISCREPANCIAS EN EL LARGO DE CHAPAS
EN HOJAS CORTADAS DE BOBINA

Largo nominal L (mm)	Discrepancias en el largo (mm)
L < 2 500	+ 19 0
2 500 < L < 3 000	+ 26 0
3 000 < L < 4 000	+ 32 0
4 000 < L < 5 000	+ 38 0
5 000 < L < 6 000	+ 45 0

6.3.2.1.2

Chapas cortadas mecánicamente. Las discrepancias en el largo de chapas con largos cortados mecánicamente verificadas según 8.3.3 serán las establecidas en la tabla 6.

TABLA 6
DISCREPANCIA EN EL ANCHO DE CHAPAS CON BORDES
CORTADOS MECANICAMENTE Y EN EL LARGO DE CHAPAS
CON LARGOS CORTADOS MECANICAMENTE

Ancho nominal a (mm)	Largo nominal L (mm)	Discrepancia en el ancho (a)							
		Para espesores nominales (mm)							
		e < 10		10 < e < 16		16 < e < 25		25 < e < 50	
		a	L	a	L	a	L	a	L
a < 1 500	L < 3 000	+ 10 - 6	+ 13 - 6	+ 11 - 6	+ 16 - 6	+ 13 - 6	+ 19 - 6	+ 16 - 6	+ 25 - 6
a < 1 500	3 000 < L < 6 000	+ 10 - 6	+ 19 - 6	+ 13 - 6	+ 22 - 6	+ 16 - 6	+ 25 - 6	+ 19 - 6	+ 29 - 6
a < 1 500	6 000 < L < 9 000	+ 10 - 6	+ 25 - 6	+ 13 - 6	+ 29 - 6	+ 16 - 6	+ 32 - 6	+ 19 - 6	+ 38 - 6
a < 1 500	9 000 < L < 12 000	+ 11 - 6	+ 29 - 6	+ 13 - 6	+ 32 - 6	+ 16 - 6	+ 35 - 6	+ 19 - 6	+ 41 - 6
a < 1 500	12 000 < L < 15 000	+ 11 - 6	+ 32 - 6	+ 13 - 6	+ 38 - 6	+ 16 - 6	+ 41 - 6	+ 19 - 6	+ 48 - 6
a < 1 500	15 000 < L < 18 000	+ 13 - 6	+ 44 - 6	+ 16 - 6	+ 48 - 6	+ 19 - 6	+ 48 - 6	+ 22 - 6	+ 57 - 6
a < 1 500	L > 18 000	+ 14 - 6	+ 50 - 6	+ 19 - 6	+ 54 - 6	+ 22 - 6	+ 57 - 6	+ 25 - 6	+ 70 - 6

6.3.2.2

Discrepancias en el ancho

6.3.2.2.1 Chapas con bordes cortados mecánicamente.

Las discrepancias en el ancho de las chapas con bordes cortados mecánicamente, verificadas según 8.3.2, serán las establecidas en la tabla 6.

6.3.2.2.2 Chapas con bordes de laminación

Las discrepancias en el ancho de chapas entregadas en hojas obtenidas directamente de laminación, en bobinas o en hojas cortadas de bobinas, verificadas según 8.3.2, serán las establecidas en la tabla 7.

TABLA 7
DISCREPANCIAS EN EL ANCHO DE CHAPAS CON BORDES DE
LAMINACIÓN SUMINISTRADAS EN HOJAS, EN BOBINAS O EN
HOJAS CORTADAS DE BOBINAS

Ancho nominal a (mm)	Discrepancia en el ancho (mm)
$a < 900$	+ 29 0
$900 < a < 1\ 200$	+ 32 0
$1\ 200 < a < 1\ 500$	+ 38 0

6.3.2.2.3

Chapas con largos cortados con soplete.

Las chapas con espesores superiores a 25mm, cortadas con soplete, se podrán suministrar, con largos variables de 6000mm a 12000mm. Cuando se solicitan largos fijos, las discrepancias se establecerán por convenio previo.

6.4 FLECHA

6.4.1 Chapas con bordes cortados

La flecha máxima de las chapas con bordes cortados en milímetros, verificada según 8.4, será igual al 2 % del largo de la chapa.

6.4.2 Chapas con bordes de laminación

6.4.2.1

La flecha máxima de las chapas suministradas en hojas con bordes de laminación con espesor inferior o igual a 25mm, verificado según 8.4 será igual al 4% del largo de la chapa expresado en milímetros.

Para chapas con espesores mayores a 25mm, la flecha máxima se establecerá por convenio previo.

6.4.2.2

La flecha máxima de las chapas suministradas en bobinas con bordes de laminación; verificadas según 8.4, será igual a 25mm por cada 6m de largo de la chapa.

6.6 FUERADE PLANO

6.5.1

La altura máxima de fuera de plano de chapas suministradas en hojas cortadas de bobinas con espesores inferiores o iguales a 12,5mm, verificada según 8.1, será la establecida en la, tabla 8, y los párrafos 6.5.3 a ,6.6.8. Para chapas con espesores mayores de 12,5mm, la altura máxima de fuera de plano se establecerá por convenio previo.

TABLA 8
FUERA DE PLANO PARA CHAPAS
SUMINISTRADAS EN HOJAS

Espesor nominal e (mm)	Altura máxima de fuera de plano (mm)	
	Para anchos nominales a (mm)	
	$a < 1\ 200$	$1\ 200 < a < 1\ 500$
$e < 2$	18	20
$2 < e < 6,50$	15	18
$6,50 < e < 12,50$	14	17

6.5.2

La altura máxima de fuera de plano de las chapas suministradas en bobinas, luego de cortadas y aplanadas, será de hasta 50% mayor que la indicada en la tabla 8.

6.5.3

Para determinar la altura de fuera de plano, la mayor dimensión de la chapa será considerada como longitud.

6.6.4

Cuando la mayor dimensión es menor o igual a 900mm, la altura máxima de fuera de plano según el largo y el ancho, no excederá de 6mm en cada dirección.

6.5.5

Cuando la mayor dimensión es mayor de 900mm y menor o igual 1800mm, la altura máxima de fuera de plano según el largo y el ancho no excederá del 75% del valor establecido en la tabla 8.

6.5.6

Cuando la mayor dimensión es mayor de 1800mm y menor o igual a 3600mm, la altura máxima de fuera de plano no excederá, los valores indicados en la tabla 8.

6.5.7

Cuando la mayor dimensión es mayor de 3600mm, la altura máxima de fuera de plano, medida en tramos de una longitud de 3600mm, no excederá los valores indicados en la tabla 7.

6.5.8

Las tolerancias se aplicarán a chapas con una resistencia a la tracción mínima especificada no mayor de 420 MPa (42 kgf/mm²) o dureza y composición química compatible. Para chapas de mayor resistencia, la altura máxima de fuera de plano indicada será aumentada en 50%.

6.6 FUERA DE ESCUADRA

La fuera de escuadra máxima de las chapas suministradas en hojas, verificada según 8.6 será el 1% del ancho nominal de la chapa.

6.7 REQUISITOS ADICIONALES

Los requisitos adicionales se establecerán por convenio previo, debiendo indicarse al solicitar las chapas.

6.7.1 Resistencia a la flexión por impacto.

6.1.1.1

El valor de resistencia a la flexión por impacto de las chapas de acero calmado, verificada según 8.1.3, será el establecido en la tabla 9; o el que se establezca

en la orden de compra, el cual corresponde a una probeta de 10mm de lado, es decir, para chapas de espesor no inferior a 12mm. El valor representativo será el promedio de tres determinaciones. En todos los casos debe establecerse la temperatura de ensayo (20°C ó 0° C).

TABLA 9
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR IMPACTO

Designación	Resistencia a la flexión por impacto mínima a 20 °C ó 0 °C; m.daN/cm ²
F-22 F-24	3,5
F-30 F-36	3,5

6.7.1.2

Los valores de resistencia a la flexión por impacto de las chapas de acero semicalmado o efervescente y los valores para temperatura de ensayo a -20° C se establecerá por convenio previo.

6.7.1.3

Podrá solicitarse la resistencia a la flexión por impacto de chapas de espesor nominal inferior a 12mm, pero en este caso los valores de aceptación y las medidas de la probeta se establecerán por convenio previo.

6.7.2. Grado de desoxidación.

Podrá solicitarse de acuerdo con la designación del acero, el grado de desoxidación siguiente:

F-22 y F-24: calmado, semicalmado o efervescente

F-30 y F-36: calmado o semicalmado.

7 INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN

7.1 INSPECCIÓN VISUAL

Sobre las chapas, paquetes y bobinas se realizará una inspección visual para verificar, si cumplen con lo establecido en los capítulos 5 y 9 de esta norma, rechazándose individualmente las hojas o bobinas que no la satisfagan.

7.2 LOTE

7.2.1

El lote estará formado de chapas provenientes de coladas identificadas o de coladas no identificadas, según que en el pedido se requiera o no el ensayo de resistencia a la flexión por impacto a 0° C ó -20° C, cuando se exija este requisito, el lote estará formado de chapas de colada identificada. En el caso de colada identificada, la masa del lote será de 40 t o fracción y en el caso de colada no identificada será de 20 t o fracción.

7.2.2

Cada lote estará Integrado por chapas de igual espesor y de un solo tipo de designación de acero.

7.3 MUESTRA.

7.3.1 Tracción y doblado

7.3.1.1

Por cada lote integrado según 7.2, se extraerán las muestras para ensayo de tracción y plegado.

7.3.1.2

Las muestras para los ensayos de tracción y plegado se tomarán de modo que permitan obtener probetas cuyo eje sea perpendicular a la dirección de laminación en la posición que se indica en la figura 4.

7.3.1.3

En el caso de bobinas, las muestras se tomarán previa eliminación de la punta de laminación.

7.3.1.4

En la toma de muestras, se evitará una deformación excesiva de las mismas, que pueda influir en el resultado de los ensayos. Se deberá prever material necesario para eliminar por mecanizado las zonas afectadas por el corte.

7.3.2

Resistencia a la flexión por impacto

Cuando se requiera este ensayo del lote formado según 7.2, se extraerá una muestra, de modo que permita obtener tres probetas, una junto a la otra, cuyos ejes longitudinales sean paralelos a la dirección de laminación de la chapa en la posición que se indica en la figura 4.

7.3.3 Composición química.

El análisis químico de comprobación podrá efectuarse sobre algunas de las probetas del ensayo de tracción o plegado o, eventualmente, de una probeta obtenida de la chapa en la posición indicada en la figura 4. La muestra será representativa de todo el espesor de la chapa.

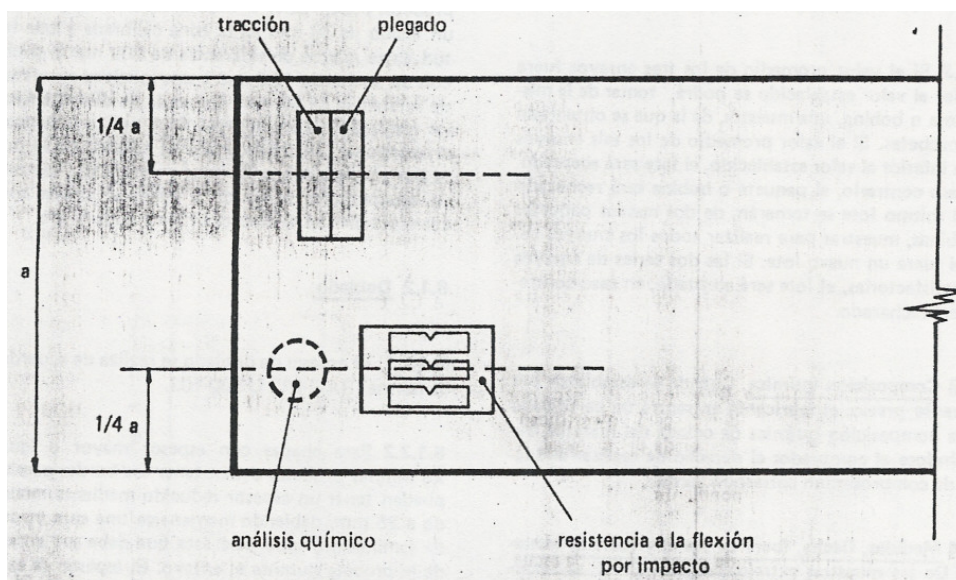


Figura 4

7.3.4 Medidas, flecha, fuera de punto y fuera de escuadra.

7.3.4.1 Chapas suministradas en hojas.

7.3.4.1.1

De cada lote de paquetes formado según 7.2, se extraerá una muestra en la forma establecida en la norma IRAM 15, para nivel de inspección general II, planes de muestreo simple e inspección normal.

7.3.4.1.2

Del total de chapas que componen los paquetes extraídos según **7.3.4.1.1** Se extraerá una muestra en la forma establecida en la norma IRAM 15, para nivel de inspección general II, planes de muestreo simple e inspección normal.

7.3.4.2 Chapas suministradas en bobinas

La toma de muestras y el criterio de aceptación o rechazo para las chapas suministradas en bobinas, será establecido por convenio previo.

7.4 ACEPTACIÓN O RECHAZO

7.4.1 Tracción y doblado.

7.4.1.1

Si los ensayos de tracción y doblado cumplen con lo establecido en esta norma se aceptará el lote, en lo que respecta a estos requisitos.

7.4.1.2

Cuando una probeta no cumpla con los requisitos establecidos en esta norma, antes de rechazar el lote, podrán tomarse dos nuevas muestras de la misma hoja o bobina. Si los dos nuevos ensayos son satisfactorios se aceptará el lote. En el caso que uno de los dos contraensayos no sea satisfactorio el paquete o la bobina será rechazado, y del mismo lote se tomarán, de dos paquetes o bobinas, muestras para realizar los

ensayos como si fuera un nuevo lote. Si estos dos ensayos son satisfactorios se aceptará el lote. Si uno de los dos no lo es, se rechazará el lote.

7.4.2 Resistencia a la flexión por impacto.

7.4.2.1 Si el valor promedio de los tres ensayos cumple con lo establecido en esta norma, se aceptará el lote en lo que respecta a este requisito.

7.4.2.2

Si el valor promedio de los tres ensayos fuera inferior al valor establecido se podrá tomar de la misma hoja o bobina, una muestra, de la que se obtendrán tres probetas. Si el valor promedio de los seis ensayos no es inferior al valor establecido, el lote será aceptado. En caso contrario, el paquete o bobina será rechazado y del mismo lote se tomarán, de dos nuevos paquetes o bobinas, muestras para realizar todos los ensayos como si fuera un nuevo lote. Si las dos series de ensayos son satisfactorias, el lote será aceptado; en caso contrario será rechazado.

7.4.3 Composición química

Cuando se establezca por convenio previo, el fabricante entregará un certificado de la composición química de colada del material, reservándose el comprador el derecho de realizar el análisis de comprobación correspondiente.

7.4.4 Medidas, flecha, fuera de plano y fuera escuadra.

De las muestras extraídas según 7.3.4.1 se verificarán las medidas, flecha, fuera de plano y fuera de escuadra, efectuándose la aceptación del lote sobre la base del número de chapas defectuosas en la forma establecida en la norma IRAM 15, para un AQL (nivel de calidad aceptable) de 4%. Si el número de chapas defectuosas es superior al indicado para la aceptación, el lote quedará observado y a disposición del productor; para que junto con el usuario resuelvan el destino del mismo.

7.5 NUEVA PRESENTACIÓN A INSPECCIÓN

El fabricante podrá presentar a una nueva inspección un lote rechazado, después de una adecuada selección del material o de un eventual tratamiento térmico. En este caso, el fabricante deberá informar al usuario de las operaciones realizadas y advertirá que se trata de un lote seleccionado o recuperado. Los ensayos se realizarán como si se tratara de un nuevo lote.

7.6 CERTIFICADO

Cuando el usuario lo solicite, el fabricante deberá extender un certificado en el que conste que el material cumple con los requisitos establecidos en esta norma.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

8.1.1 Tracción.

8.1.1.1 El ensayo de tracción se realiza de acuerdo con las normas IRAM-IAS U 500-20 ó IRAM-IAS U 500-102, según corresponda.

8.1.1.2 Salvo que se usen probetas proporcionales, para las chapas de espesor menor o igual que 50mm, las probetas deben tener el mismo espesor del producto y un ancho de 38mm en la zona calibrada y una longitud entremarcadas de referencia de 200mm o probetas con un ancho de 12,5mm y una longitud entre marcas de referencia de 50mm. En casos de discrepancia con los resultados de los ensayos debe utilizarse la probeta proporcional. Puede reducirse el espesor de la probeta por mecanizado a 19mm; en este caso, los valores de alargamiento mínimos a aplicarse deben ser los correspondientes al espesor original de la chapa.

8.1.2 Doblado

8.1.2.1

El ensayo de doblado se realiza de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500-103.

8.1.2.2

Para chapas con espesor mayor o igual de 25mm, las probetas deben tener los bordes paralelos y pueden tener un espesor reducido mediante mecanizado a 25mm debiendo mantenerse una cara en estado de laminación, superficie ésta que debe ser la externa de la probeta durante el ensayo. El espesor de la calza, en este caso será calculado según la tabla 1, con $e = 25\text{mm}$.

8.1.3

Resistencia a la flexión por impacto. De la muestra extraída se preparan las probetas, teniendo en cuenta que el lado más cercano a la piel de laminación no esté alejado más de 1mm de la misma y que la generatriz del fondo de la entalladura sea perpendicular a la piel de laminación y se someten a ensayo según la norma; IRAM-IAS U 500/16.

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

8.2.1

Los métodos para determinar la composición química se establecen en las normas IRAM 850; IRAM 852; IRAM 854; IRAM 856 e IRAM 857.

8.2.2

Las muestras para análisis químico se obtienen mediante una broca u otra herramienta que permita obtener virutas de una longitud de hasta aproximadamente 5mm y un espesor de hasta 0,5mm, sin emplear agua, aceite u otro lubricante. Las virutas deben estar libres de polvo, grasa u otras sustancias extrañas, y antes de efectuar las extracciones debe limpiarse o pulirse la superficie. Durante la extracción de la muestra debe evitarse el sobrecalentamiento del material a analizar. Las herramientas empleadas en la extracción de viruta deben estar confeccionadas con un acero rápido o con un

material de características tales que no alteren la composición del producto a ensayar.

8.3 MEDIDAS.

8.3.1 Espesor

El espesor de la chapa se mide en cualquier punto situado a más de 40mm de los bordes y, en el caso de chapas suministradas en bobinas, a más de 5m de los extremos. Las mediciones se realizan con un calibrador que permita leer las tolerancias establecidas.

8.3.2 Ancho

El ancho se mide en cualquier punto, perpendicular al eje mayor de la chapa, con una regla que permita leer las tolerancias establecidas. En el caso de chapas suministradas en bobinas no debe tenerse en cuenta la punta de laminación.

8.3.3 Largo

El largo de la chapa se mide paralelamente al eje longitudinal de la chapa con una regla que permita leer las tolerancias establecidas.

8.4 Flecha

La flecha se mide del lado cóncavo de la chapa con un calibrador que permita leer las tolerancias indicadas.

8.5 FUERA DE PLANO

Las chapas se colocan sobre, una superficie plana, apoyando sobre ella por el solo efecto de su peso. Luego se determina la flecha entre la cara inferior de la chapa y el plano de referencia, con un calibrador que permita leer, las tolerancias establecidas.

8.6 FUERA DE ESCUADRA

La tolerancia máxima de fuera de escuadra se verifica con un calibrador que permita leer dichas tolerancias.

9 MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

9.1 MARCADO

9.1.1

Cada paquete de chapas o cada chapa, cuando se entregan por piezas, o cada bobina, llevarán marcadas además de lo que establezcan las disposiciones legales vigentes, las indicaciones siguientes:

- a) la marca registrada o el nombre y el apellido o razón social del fabricante y/o del responsable de la comercialización del producto (representante, fraccionador, vendedor, importador, etc.);
- b) el número de Identificación del paquete, o bobina;
- c) el número de colada, cuando se establezca por convenio previo;
- d) la designación del acero (F-00, F-22, F-24, F-30 ó F-36);
- e) las medidas en milímetros (espesor, ancho y, excepto en el caso de hojas, la longitud);
- f) la masa neta del paquete o bobina, en kilogramos;
- g) el sello IRAM, cuando el fabricante haya obtenido el derecho a usarlo.

NOTA: La presencia del sello IRAM de conformidad con norma IRAM, asegura que el producto forma parte de una línea de producción capaz de cumplir en forma constante con las exigencias de la norma IRAM respectiva. Involucra que está sujeto a un sistema de supervisión, control y ensayo, que incluye inspecciones periódicas o permanentes en la planta de fabricación y extracción de muestras en el comercio para su ensayo.

El sello solamente puede ser usado por los fabricantes que hayan sido licenciados por IRAM, de acuerdo con las disposiciones reglamentarias vigentes.

9.1.2

La marcación se realizará con pintura directamente sobre la chapa o embalaje, o por medio de un, etiqueta resistente al manipuleo, marcada en forma indeleble y firmemente adherida al paquete o bobina.

9.1.3

En el caso de marcación con pintura, ésta debe ser de calidad tal que resista el manipuleo, no tenga características corrosivas y sea fácilmente removible.

9.2 EMBALAJE

Las chapas se suministrarán embaladas de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500/41, tipos H1 a H4 para hojas, y B1 a B3 para bobinas, según se indique en la orden de compra.

ORGANISMOS DE ESTUDIO

El estudio de esta norma ha estado a cargo de los organismos respectivos, integrados en la forma siguiente:

Comisión de Chapas del IAS - Comité de Normalización del IAS -Comisión de Aceros del IRAM.

MIEMBROS REPRESENTANTES

Ing. Raúl Brebbia

Dirección Nacional de Vialidad

Dr. Lorenzo G. Casanovas

Gas del Estado

Ing. V. H. Drago

Asociación de Industriales Metalúrgicos

Ing. Julio R. Eglis

S.A. Tall. Met. San Martín

Sr. Domingo Fernández

Centro de Industriales Siderúrgicos

Ing. Carlos A. Ferraris

Cámara Construcciones Metálicas Estructurales

Ing. Horacio Fiorino

Sociedad Mixta Siderurgia Argentina

Sr. Antonio Funaro

La Cantábrica S.A.M.I.C.

Ing. Eduardo R. J. Hegi

Cámara Construcciones Metálicas Estructurales

Ing. Carlos Hernández

Dálmine Siderca S.A.I.C.

Ing. Aldo Jabase

Fiat Concord S.A.I.C.

Ing. A. Jurasics

Tubomet S.A.

Ing. Carlos López Lemoine

Est. Met. Santa Rosa S.A.

Ing. Blas Laterza

Instituto Argentino de Siderurgia

Ing. Guillermo A. Martijena

Siderúrgica Integrada S.A.I.C.

Ing. Tomás Martínez

Ferrocarriles Argentinos

Sr. Alejandro R. Moscón

Cámara Argentina de la Industria de Autocomponentes
Ing. Ricardo Paz y Geuse
Gurmendi S.A.
Ing. Vicente Pirillo
Aceros Ohler S,A.
Sr. Daniel A. Perrone
Cámara Construcciones Metálicas Estructurales
Dr. Daniel Sanda
Aceros Ohler S.A.
Sr. Atilio Sanguinetti
Ferrocarriles Argentinos
Ing. Edgardo Silione
Gas del Estado
Ing. J. Simón
Armetal
Ing. Enrique Schoos
Sigerúrgica Integrada S.A.I.C.
Ing. Julián Tychojkij
Instituto Argentino de Racionalización de Materiales
Ing. Raúl E. Vázquez
Sociedad Mixta Siderurgia Argentina
Sr. Octavio A. Vélez
Fiat Concord
Ing. Armando A. Vilas
Cámara de Industriales Ferroviarios

COMITÉ GENERAL DE NORMAS

Dr. E. J. Bachmann
Dr. L. G. Casanovas
Dr. E. Catalano
Ing. O.L. Donegani
Dr. A. Grosso
Dr. R. Huste
Ing. A. Klein

Dr. E. Lagos

Ing. S. Mardyks

Prof. M. P. Mestanza

Dr.: E. Miró

Dr.: A. F. Otamendi

Ing. J. Schulte

Sr. R. Soldi

Ing. M. Wainsztein

ANTECEDENTES

En el estudio de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

ISO-INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

ISO R 630/67: Structural steels.

ISO R 1052/69: Steels for general engineering purposes.

COPANT COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS

COPANT 33 Parte III/75. Planchas gruesas de acero al carbono laminadas en caliente. Espesores y tolerancias dimensionales y de forma.

COPANT 35/1977. Planchas gruesas de acero al carbono para uso estructural.

EURONORM - COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER

EURONORM 25-72: Aciers de construction d'usage général.

EURONORM 113-72: Aciers de construction soudables de qualité spéciale.

Nuances et qualités prescriptions générales.

AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION

AFNOR NF A 35-501/73 : Aciers de construction d'usage général. Nuances et qualités.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ASTM A 36-70a: Structural steel.

ASTM A 6-76a: General requirements for rolled steel plates, shapes, sheet piling, and bars for structural use.

BBI - BRITISH STANDARDS INSTITUTION

BS 4360/1972: Weldable structural steels.

ACEROS INOXIDABLES

ACEROS INOXIDABLES

INTRODUCCIÓN

Son aceros de alto porcentaje de Cromo. La resistencia a la corrosión es debida a la formación de una delgada capa adherida a la superficie, de Oxido de Cromo, que resulta pasiva a la corrosión.

Esta varia de acuerdo al ambiente corrosivo (Puede ser liquido o gaseoso, acido o básico, etc...), y la temperatura. Para cada caso existe un tipo de acero que mejor se adecua a las necesidades.

EJEMPLO COMPARATIVO

Supongamos los siguientes materiales ferrosos expuestos a una atmósfera industrial durante 10 años:

- * Sin cromo, sin protección superficial: Pierden hasta el 90% de su peso.
- * Con 3% de Cromo: Pierden menos del 2% de su peso.
- * Con 12% de Cromo: La corrosión es prácticamente inexistente.

CORROSION DE LOS METALES

En sentido amplio, la corrosión puede definirse como destrucción de un material, por interacción química, electro-química o metalúrgica entre el medio y el material. Generalmente es lento pero de carácter persistente. En algunos ejemplos, los productos de la corrosión existen como una película delgada adherente que solo mancha o empana el metal y puede actuar como un retardador para

ulterior acción corrosiva. En otros casos, los productos de la corrosión son de carácter voluminoso y poroso, sin ofrecer ninguna protección.

Es un problema complejo acerca del cual se conoce mucho; sin embargo a pesar de la extensa investigación y experimentación, todavía hay mucho que aprender. En algunos casos, como en el ataque químico directo la corrosión es altamente obvia, pero en otros, como la corrosión intergranular, es menos obvia pero igualmente dañina.

La principal causa de la corrosión es la inestabilidad de los metales en su forma refinada; los mismos tienden a volver a sus estados originales a través de los procesos de corrosión.

Pueden diferenciarse tres tipos de corrosión:

- a) La producida por el aire húmedo o por el agua mezclada con aire
- b) La producida por líquidos que contienen ácidos o sales en solución.
- c) La producida por la acción de los gases. Las capas de óxidos e hidróxidos que por efecto de la corrosión llegan a recubrir el hierro y a los aceros no impiden que la corrosión continúe, porque debido a gran porosidad son atravesadas fácilmente por el aire y otros agentes oxidantes.

PORQUE Y CUANDO LOS ACEROS RESISTEN LA CORROSIÓN

En la actualidad se acepta que la corrosión de los aceros inoxidable (Que contienen un elevado porcentaje de Cromo), es debida a la formación de una capa superficial de óxido de Cromo muy fina que impide que el ataque y la corrosión de los aceros penetre desde el exterior al interior.

Para que un acero sea inoxidable es necesario que concurren las circunstancias de composición, estado del material y medio de ataque convenientes para que se forme esa capa de óxido protector.

Cuando solo actúan los agentes atmosféricos, la presencia del 12% de Cr es suficiente para que se forme la capa de óxido que impide la corrosión en el aire ambiente y bajo la acción de agentes corrosivos débiles.

Cuando aumenta la intensidad del ataque, para que se pueda formar la capa suficientemente protectora, es necesario mayor porcentaje de Cromo, pero esto ocurre hasta un cierto límite a partir del cual ya no se aumenta la resistencia a la corrosión.

El excelente comportamiento de las aleaciones de hierro con Cromo al encontrarse en presencia de determinados agentes que producen la corrosión de los aceros ordinarios, se puede comprobar estudiando las FIGURAS 3 y 4.

La denominación de aceros inoxidables suele dar lugar a muchas confusiones, ya que en realidad, ninguno de estos aceros resiste a toda clase de ataques. Unos resisten bien a ciertos ácidos, otros a determinadas soluciones, otros

resisten al calor, pero no hay ninguno que resiste a todo y para cada caso hay que estudiar el más conveniente.

Además, en el comportamiento de los aceros, inoxidable, al igual que muchos otros aceros, tienen una extraordinaria importancia los tratamientos térmicos. Si a un acero inoxidable no se le ha dado el tratamiento térmico que corresponde, su resistencia a la corrosión puede quedar muy disminuida. En general conviene obtener estructuras Ferríticas, Martensíticas o Austeníticas (Monofásicas) y evitar la presencia de carburos, que disminuyen la resistencia a la corrosión.

El Cromo ejerce una influencia muy favorable cuando se encuentra en solución en la Martensita, ferrita o austenita, pero cuando se encuentra formando carburos, no sirve para mejorar la resistencia a la corrosión de los aceros, siendo con frecuencia precisamente los carburos los principales causantes de la corrosión de ciertos aceros inoxidables en determinadas condiciones y circunstancias.

El estado superficial también tiene una gran importancia; cualquier defecto o alteración en la superficie modifica las condiciones del ataque y disminuye su resistencia a la corrosión.

Es necesario que la superficie del metal este bien limpia, siendo necesario eliminar siempre por decapado, mecanizado o rectificado la cascarilla que aparece como consecuencia de determinados tratamientos térmicos, debiendo quedar siempre las piezas terminadas con el grado de pulimineto más fino posible.

CLASIFICACIÓN

1) Ferríticos:

Son los aceros que ocupan la posición o región 3 del diagrama que se anexa (FIGURA 5). Sus propiedades mecánicas son bajas en lo que respecta a la resistencia a la rotura y ductilidad.

Contienen de 16 a 27% de Cromo y de 0,10 a 0,25% de Carbono. Además poseen mayor resistencia a la corrosión que los martensíticos, pero a la vez tienen menor resistencia mecánica que estos. Se los utiliza como acero muy inoxidable, sin propiedades mecánicas, menos atacables que un martensítico

(13% de Cromo). Se emplean también en instalaciones en las que se fabrica NO_3H y que deban resistir a altas temperaturas.

2) Martensíticos

Son los aceros que ocupan la región 1 del diagrama. Se pueden clasificar en 2 grupos:

- a) aceros inoxidables (13% de Cr y 0,10% de C)
- b) aceros de cuchillerías (13% de Cr y 0,35% de C).

Aumentando el porcentaje de Carbono hasta un 1% puede mejorarse notablemente la dureza del material.

3) Austeníticos:

La presencia de un 8% de Ni, estabiliza la fase austenítica, mejorando considerablemente las propiedades mecánicas

(Hasta 40-50% de alargamiento) y la resistencia a la corrosión.

Cuando el material se encuentra a temperaturas entre 500

650° C se forman en el borde de grano, carburos de Cromo, comenzando de esta manera la corrosión. Para regenerar, calentamos a una temperatura superior a los 1000° C, temperatura a la cual los carburos de Cromo se disuelven. Como prevención, se deben fabricar aceros de bajo contenido de Carbono, evitando así la formación de carburos.

TRATAMIENTOS TERMICOS

Son fundamentales ya que si no damos al acero inoxidable el tratamiento térmico adecuado, su resistencia a la corrosión disminuye sensiblemente.

En general conviene tener estructuras de una sola fase (Austeníticos, Ferríticos, Martensíticos) ya que la presencia de carburos hacen que la resistencia a la corrosión, disminuya. Otro factor que debe tenerse en cuenta es la terminación superficial del metal, pues cualquier defecto o rugosidad, bajan su resistencia a la corrosión.

A continuación analizaremos los mas utilizados:

1) MARTENSITICOS:

TEMPLE	Temp. de Temple	Veloc. Enf.	Trans. Calor	Temp. Aust.	Reducc. Dureza
Acero Inox.	950oC	Cualq.	50%	950-1050oC	Mant.en cal.
Acero comun	850oC	Rapida	—	725-740oC	No Mantiene

REVENIDO

Baja temperatura: 350°C - Máxima inoxidabilidad – Mantiene tenacidad.

Alta temperatura: 700°C - Máxima tenacidad - Baja inoxidabilidad.

En aceros de cuchillería existen tres tipos de revenido:

Baja Temperatura: 150 a 200° C - Máxima dureza e inoxidabilidad.

Media Temperatura: 400oC - Buena Dureza (HRC= 47) - Buena tenacidad - Máxima inoxidabilidad.

Alta Temperatura: 500 – 750° C - Disminuye la inoxidabilidad.

RECOCIDO

Subcrítico: 750° C – Disminuye la dureza (ENF al aire)

Regenerativo: 875° C - Disminuye la resistencia a la tracción. (ENFR menor a los 20° C por hora hasta los 550° C y luego al aire).

2) Austeníticos

No es posible endurecer (estos aceros por tratamiento térmico. Se pueden ablandar o claentarlo 1050° C y enfriando rápidamente luego, disolver los carburos y así aumentar la resistencia.

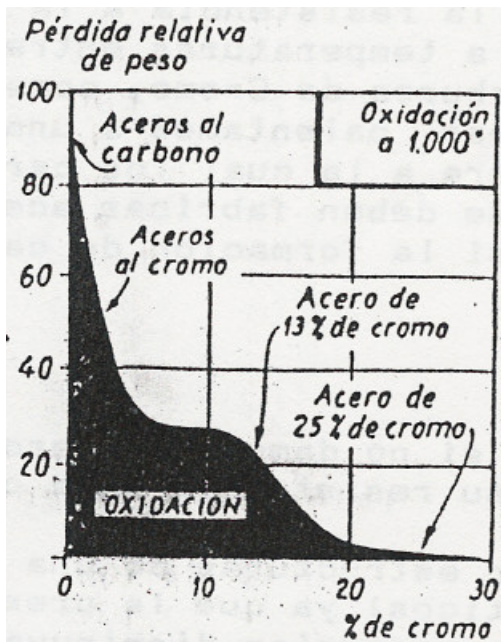


FIGURA 3

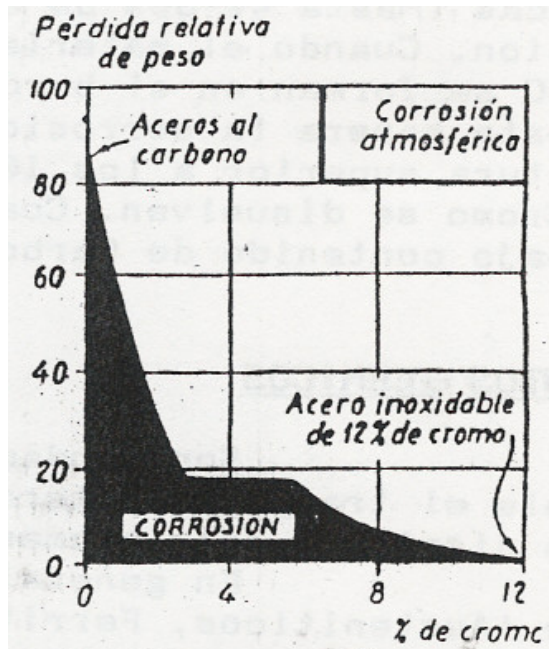


FIGURA 4

FIGURA 3: Influencia del contenido en cromo en la resistencia a la oxidación a elevada temperatura de las aleaciones hierro-cromo.

El ensayo se realizó manteniendo las muestras al aire a 1000° durante 48 horas.

FIGURA 4: Influencia del contenido en cromo en la resistencia de las aleaciones hierro-cromo, a la acción de una atmósfera de ciudad industrial durante 10 años.

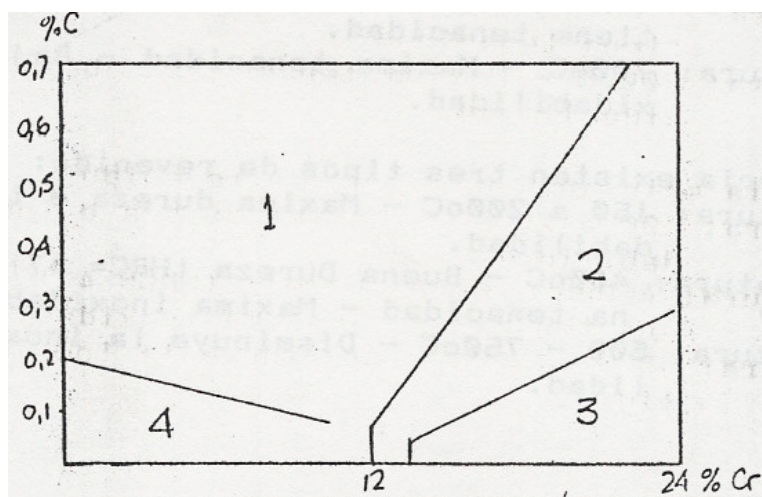


FIGURA 5

1) Aceros martensíticos que admitan temple total.

- 2) Aceros que admiten temple parcial.
- 3) Aceros ferríticos (ferrita y carburos).
- 4) Aceros blandos (ferrita y carburo).

PROPIEDADES Y TRATAMIENTO

Tipos AISI (*)	301	302	303	304	304 L	309	310	316	316 L	321	347
COMPOSICION QUIMICA											
C	0.15 Máx.	0.15 Máx.	0.15 Máx.	0.08 Máx.	0.03 Máx.	0.30 Máx.	0.25 Máx.	0.08 Máx.	0.03 Máx.	0.08 Máx.	0.08 Máx.
Mn	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.	2 — Máx.
Si	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1.5 Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.	1 — Máx.
Cr	16.00-18.00	17.00-19.00	17.00-19.00	18.00-20.00	18.00-20.00	22.00-26.00	24.00-26.00	16.00-18.00	16.00-18.00	17.00-19.00	17.00-19.00
Ni	6.00-9.00	8.00-10.00	8.00-10.00	8.00-12.00	8.00-10.00	12.00-15.00	19.00-22.00	10.00-14.00	10.00-14.00	9.00-12.00	9.00-12.00
Otros	—	—	5-6.15 Min.	—	—	—	—	Máx. 2.00-3.00	Máx. 2.00-3.00	11, 5 a C Min.	Nb 10 a C Min.
PROPIEDADES FISICAS											
Peso específico, kgs/dm ³	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	8.02	8.02	7.99	7.99	8.00	7.85
Límite elástico, kgs/mm ²	19.687	19.687	19.687	20.360	20.300	20.369	21.356	20.300	20.300	20.300	19.687
Estructura	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica
Calor específico a 20°-200° C cal/°C	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Conductibilidad térmica-cps	0.038	0.038	0.038	0.034	0.034	0.030	0.030	0.038	0.038	0.038	0.038
100° C	0.051	0.051	0.051	0.048	0.048	0.041	0.042	0.055	0.055	0.051	0.053
500° C	17.45	18.00	18.00	18.00	18.00	17.60	17.30	17.30	17.30	17.50	17.50
Coefficiente de dilatación térmica 20°-200° C	19.40	19.90	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.60	19.60	19.70	19.70
Coefficiente medio por °C x 10 ⁶ 20°-800° C	1.399-1.421° C	1.399-1.421° C	1.399-1.421° C	1.399-1.454° C	1.399-1.454° C	1.399-1.454° C	1.399-1.454° C	1.371-1.399° C	1.371-1.399° C	1.399-1.427° C	1.399-1.427° C
Intervalo del punto de fusión	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PROPIEDADES ELECTRICAS											
Propiedad magnética	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético	No magnético
En estado	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido	Recido
Resistividad-Microhmios/cm a 20° C	70	74	74	73	73	79	79	75	75	70	70
Coefficiente térmico a 20° C-100° C	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012
TRATAMIENTO TERMICO											
Comienzo de ferjado	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C	1.150-1.200° C
Acabado de ferjado	925° C	925° C	925° C	925° C	925° C	880° C	880° C	925° C	925° C	925° C	925° C
Recido	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C	1.050-1.100° C
Enfriamiento	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua	aire o agua
Temple	No templable	No templable	No templable	No templable	No templable	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
PROPIEDADES MECANICAS											
Dureza Brinell (Barra)	Recido 135-185	Recido 135-185	Recido 130-180	Recido 130-150	Recido 125-145	Recido 140-185	Recido 145-210	Recido 135-185	Recido 130-150	Recido 135-185	Recido 135-185
Trefilado frío	180-330	180-330	180-330	180-330	—	70-85 B	70-85 B	70-85 B	70-85 B	70-85 B	70-85 B
Dureza Rockwell (Chapa)	Recido 75-85 B	Recido 70-80 B	Recido 70-80 B	Recido 70-80 B	—	—	—	—	—	—	—
Laminado frío	—	10-35 C	10-35 C	10-35 C	—	—	—	—	—	—	—
Resistencia a la tracción en kgs/mm ²	60-70	53-70	53-70	50-70	50-70	50-70	50-70	50-70	50-60	56-67	56-67
Límite elástico en kgs/mm ²	25-35	20-40	20-39	20-39	20-30	25-40	25-40	20-30	20-30	25-35	25-40
Alargamiento %	50-60	50-60	50-60	50-58	12-2-13	45-55	45-55	50-60	50-60	50-55	40-50
Embutición Ericksen (chapa 1 mm)	12	12	11.5	12.5-13	—	—	—	12	—	12	12.5
OTRAS CARACTERISTICAS											
Temperatura formación cascarrilla	815° C	815° C	785° C	840° C	840° C	1.010° C	1.040° C	840° C	840° C	815° C	840° C
Soldabilidad	Regular	Buena	No aconsejable	Óptima	Óptima	Buena	Buena	Óptima	Óptima	Buena	Óptima
Estampación y embudo	Regular	Buena	—	Óptima	Óptima	Buena	Buena	Óptima	Óptima	Buena	Óptima
Forjado	Muy bueno	Muy bueno	—	Óptimo	Óptimo	—	—	Buena	Buena	Posible	—
Tipos del programa Roitán (actual)	R	R	—	R	R	—	—	R	R	R	—

(*) AISI es la sigla en ingles del Instituto Americano del Hierro y del Acero

Aceros Majdalani S.A.I.C

Aceros Inoxidables

PROPIEDADES Y TRATAMIENTO

TABLA DE EQUIVALENCIAS

APROXIMADAS DE DISTINTAS NORMAS

Tipo - AISI	410	420	-430	446
COMPOSICION QUIMICA				
C	0,15 Máx.	0,15 Mín.	0,12 Máx.	0,20 Máx.
Mn	1,00 Mx.	1,00 Máx.	1,00 Máx.	1,50 Máx.
Si	1,00 Mx.	1,00 Máx.	1,00 Máx.	1,00 Máx.
Cr	11,50-13,50	12,00-14,00	14,00-18,00	23,00-27,00
Otros	—	—	—	N 0,25 Máx.
PROPIEDADES FISICAS				
Peso específico. kgs/dm ³	7,73	7,75	7,75	7,50
Estructura	Martensítica	Martensítica	Ferrítica	Ferrítica
Calor específico a 20 C-200 C cal/g C	0,11	0,11	0,11	0,12
Conductividad térmica	100 C [] : 0,060 500 C [] : 0,064	0,060 0,064	0,056 0,061	0,050 0,058
Coefficiente de dilatación térmica	20 C-200 C : 10,9 20 C-800 C : 12,8	10,9 12,8	10,8 12,7	11,— 12,8
Coefficiente medio por  C x 10 ⁶	—	—	—	—
Intervalo del punto de fusión	1.462-1.532	1.462-1.532	1.427-1.510	1.427-1.510
Módulo elástico	20.300	20.300	20.300	20.300
PROPIEDADES ELECTRICAS				
Estado	Recocido	Templado y revenido	Recocido	Recocido
Resistividad microhmios/cm ² a 20 C	53	53	58	66
Coefficiente de resistencia térmica a 20 C-100 C	0,0018	0,0019	0,0016	—
Propiedad magnética	Ferromagnético	Ferromagnético	Ferromagnético	Ferromagnético
TRATAMIENTO TÉRMICO				
Comienzo de forjado	1.150-1.200 C	1.200-1.250 C	1.050-1.150 C	1.050-1.100 C
Acabado de forjado	700 C	900-950 C	700 C	650 C
Recocido	750-770 C	750-770 C	750-770 C	750-770 C
Enfriamiento	aire	aire	aire	aire
Temperatura de temple	980-1.000 C	1.020 C	No templable	No templable
Medio de temple	aire o aceite	aire o aceite	—	—
Revenido	750 C	750 C	—	—
PROPIEDADES MECANICAS				
Dureza Brinell (Barra recocida)	130-215	130-215	140-180	140-185
Dureza Rockwell (Chapa recocida)	75-85 B	—	75-90 B	75-90 B
Resistencia a la tracción en kgs/mm ² (Recocido)	55	77	54	55
Limite elástico en kgs/mm ² (Recocido)	35	63	33	35
Alargamiento %	24	20	27	20
OTRAS CARACTERISTICAS				
Temperatura formación cascarrilla	700 C	650 C	816 C.	1.020 C
Soldabilidad	Frágil	Buena	Buena	Discreta
Estampación y embutido	Discreta	Deficiente	Buena	Discreta
Pulido	Muy bueno	Bueno	Optimo	Posible

Aceros Majdalani S.A.I.C

NORMA ALEMANA AISI	LUCENE FRANCIA	BOEHLER AUSTRIA	AVESTA SUECIA	NORMA DIN ALEMANIA	VILLARES BRASIL	NBYV SUECIA	VALLOUREC FRANCIA	NORMA BS INGLATERRA
301	NS 20	AS 2	832	4310	V 301	18-8	Vallinox 302	EN 58
302	NS 20 P	AS 2 Z	832 C	4300	V 302	18-8 A	Vallinox 302	EN 58 A
303	NSJ	AS 2 W	832 CV	4305	V 303	18-8 EL	Vallinox 304	EN 58 D
304	NS 21 A	EAS 2	832 MVR	4301	V 304	18-8 UL	Vallinox 304	EN 58 E
304 L	NS 22 S	—	252	4306	V 304 L	25-21 L	Vallinox TBC	—
309	NS 24	FF	254 E	4828	V 309	18-12 EMO	Vallinox TBC	—
310	NS 30	FFB	832 SK	4845	V 310	18-12 UMO	Pyroval 25-20	EN 58 H
316	NSM 21	AS 4	832 SKR	4401	V 316	.. MOTBC	Pyroval 25-20	—
316 L	NSM 21 S	EAS 4 M	832 SKT	4436	V 316 L	.. MO	Vallinox 316	—
316 TI	NSMC	SAS 4	832 SKT	4571	V 316 TI	.. TI	Vallinox 316	—
321	NS 21 C	SAST 2	832 MVT	4541	V 321	.. NB	.. MOTBC	—
347	—	SAS 2	832 MVNB	4550	V 347	1415/1420	.. NB	EN 58 C
410	F/A	KW 10	393	4006	V 140	1708	.. NB	EN 58 B
420	U 12	KW 40	393 H	4021	V 150	—	.. NB	EN 56 A
430	F 17	SKWA	249	4016	—	—	.. 430	EN 56 C
—	—	—	—	—	—	—	.. 430	EN 60

Aceros Inoxidables

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

La siguiente tabla indica la Resistencia a la Corrosión de Diversas sustancias sobre los aceros Inoxidables, calidades:

AISI 316/304/430/410

Los símbolos empleados se clasifican de la siguiente manera:

- o: Muy resistente
- 1: Poco resistente
- x: No resistente
- ..: No ensayado

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Aceites:					
Crudos	F y C	0	0	0	..
de Linaza	20	0	0	0	I
de Tung	F y C	0	0	..	..
Vegetal y Mineral	F y C	0	0	0	..
Acetato de Plomo 5 %	Ebull.	0	0	..	..
Acetileno	20	0	0	0	..
Acetona	20	0	0	0	..
	Ebull.	0	0	0	..
Acido Acético, vapores de					
30 %	C	0	I	..	..
100 %	C	I	x	..	..
Acido:					
Acético					
5 a 20 %	20	0	0	0	0
50 %	20	0	0	I	..
80 %	20	0	0	0	..
100 %	20	0	0	0	0
50 %	Ebull.	0	I	x	..
80 %	Ebull.	0	x	x	..
100 %	Ebull.	0	I	x	..
Arsénico	65	0	0	..	..
Benzoico	20	0	0	0	..
Bórico					
5 %	C	0	0	0	0
Solución saturada	Ebull.	0	0	0	0
Butírico	20	0	0	0	0
Carbólico					
CP	20	0	0	0	x
CP	C	0	0	0	..
Carbónico					
(Agua carbonatada)	F y C	0	0	0	..
Cianhidrico		0	0	I	..
Cítrico					
10 %	20	0	0	0	x
25 %	20	0	0	0	..
50 %	20	0	0	..	..
10 %	Ebull.	0	0	I	x

Aceros Majdalani S.A.I.C

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
25 %	Ebull.	0	x	..	..
50 %	Ebull.	0	x	..	..
Cloracético	20	1	x	x	x
Clorhídrico					
Toda concentración	20	x	x	x	x
Clórico	20	x	x	x	..
Crómico					
CP 10 %	20	0	0	0	..
CP 10 %	Ebull.	0	1	x	..
CP 50 %	Ebull.	1	1	x	..
50 % Comercial (Cont. SO ₂)	20	0	0	..	..
50 % Comercial (Cont. SO ₂)	Ebull.	x	x	x	..
Esteárico	20	0	0	0	..
Fluorhídrico					
Toda concentración	C y 20	x	x	x	..
Fórmico					
5 %	20	0	0	0	x
10 %	20	0	0	0	..
50 %	20	0	0	..	..
100 %	20	0	0	..	..
10 %	Ebull.	0	0	x	..
50 %	Ebull.	0	0	x	..
100 %	Ebull.	0	0	..	..
Fosfórico					
1 % y 5 %	20 y Ebull.	0	0	0	..
10 %	20	0	0	0	..
10 %	Ebull.	0	1	x	..
50 %	Ebull.	0	x	..	..
Gálico					
5 %	20	0	0	0	..
5 %	65	0	0	0	..
Saturación 100°C	Ebull.	0	0	0	..
Hidrobromico					
Hidrofluosilicico	20	x	x	x	x
Láctico					
1 %, 5 % y 10 %	20	0	0	0	..
1 %	Ebull.	0	0	0	..
5 %	Ebull.	0	1	1	..
10 %	Ebull.	0	1	x	..
Málico	F y C	0	0	0	..
Molibdico	20	0	0	..	..
Muriático	20	x	x	x	x
Nítrico					
Toda concentración	20	0	0	0	0
5 %	Ebull.	0	0	1	..
20 %, 40 % y 65 %	Ebull.	0	0	0	..
Concentrado	Ebull.	0	0	1	x
Humeante conc.	20	0	0	0	..
Humeante conc.	Ebull.	x	x	x	..
Nitroso 5 %	20	0	0	0	..
Oleico	20	0	0	0	..
	150	0	0	1	..
	205	0	1	..	..

Aceros Inoxidables

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Oxálico					
5 %	20	o	o	o	..
10 %	20	o	o	o	..
10 %	Ebull.	|	x	x	..
25 %	Ebull.	|	x	..	..
50 %	Ebull.	|	x	..	..
Pírico	20	o	o	o	..
Pirogálico		o	o	o	..
Sulfúrico					
5 %	20	o	|	|	..
10 %	20	o	|	|	..
50 %	20	|	x	x	..
Conc.	20	o	o	o	..
Humeante	20	o	|	..	..
5 %	Ebull.	|	x	x	..
10 %	Ebull.	x	x	x	..
50 %	Ebull.	x	x	x	..
Conc.	Ebull.	|	|	|	..
Sulfuroso					
(Saturado)	20	o	|	|	..
150 # presión	190	o	|	|	..
Tánico					
10 %	20	o	o	o	o
50 %	20	o	o	o	o
10 %	Ebull.	o	o	o	o
50 %	Ebull.	o	o	o	|
Tartárico					
10 %	20	o	o	|	|
50 %	20	o	o	..	..
10 %	Ebull.	o	o	x	x
50 %	Ebull.	o	o	..	..
Tricloro-acético	20	x	x	x	..
Úrico	20	o	o	..	..
Acidos:					
50 % H ₂ SO ₄ + 50 % HNO ₃	F	o	o	..	..
	90	o	o	..	..
	Ebull.	|	|	..	..
70 % H ₂ SO ₄ + 10 % HNO ₃ + 20 % agua	F	o	o	..	..
	90	o	o	..	..
	Ebull.	x	x	..	..
15 % H ₂ SO ₄ + 5 % HNO ₃ + 80 % agua	90	o	o	..	..
	Ebull.	o	o	..	..
Agua:					
Clorada (Saturada)	20	|	x	x	..
De Mar	20	o	o	|	x
Alcohol:					
Alcohol 3 1/2 a 4 1/2 %	70	o	o	..	..
Etilico	20	o	o	o	..
	Ebull.	o	o	o	..
Metilico	20	o	o	o	..
	65	o	|	|	..

Aceros Majdalani S.A.I.C

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Aluminio:					
Acetato de (Saturado)	20	0	0	..	..
(Saturado)	Ebull.	0	0	..	..
Aluminio	Fundido	x	x	x	x
Cloruro de 25 %	20	l	x	x	..
(Saturado)	20	..	x	x	..
Fluoruro de	20	l	x	x	..
Hidróxido de (Saturado)	20	0	0	0	..
Sulfato de 10 %	20	0	0	x	..
(Saturado)	20	0	0	x	..
10 %	Ebull.	0	0	x	..
(Saturado)	Ebull.	0	0	x	..
Sulfato y Potasio de 2 % y 10 %	20	0	0	0	..
2 % y 10 %	Ebull.	0	0	l	..
(Saturado)	Ebull.	0	0	l	..
Alquitrán		0	0	..	..
Amilo:					
Acetato de	20	0	0	0	..
Cloruro de	20	0	0	l	l
Amoníaco (Seco o Húmedo)					
Toda concentración	20 - 100	0	0	0	..
Anhidrido	20	0	0	0	..
Anhidrido	C	x	x	x	..
Amonio:					
Bicarbonato de	20 y C	0	0	0	..
Carbonato de 1 % y 5 %	20	0	0	0	0
(Aireado o agitado)	20	0	0	0	0
Cloruro de 1 %	20	0	0	0	..
10-28-50 %	Ebull.	0	0	..	..
Fosfato de 5 %	20	0	0	0	..
(Saturado)	20	0	0	0	..
Nitrato de Toda concentración	20	0	0	0	..
(Saturado)	Ebull.	0	0	0	0
Oxalato de, 5 %	20	0	0	0	0
Perclorato de, 10 %	Ebull.	0	0	0	..
Persulfato de, 5 %	20	0	0	0	0
Sulfato de 1 % y 5 %	20	0	0	0	..
10 %	Ebull.	0	0	..	..
(Saturado)	Ebull.	0	0	..	..
Sulfito de	20 y Ebull.	0	0	..	..
Anhidrido Acético 90 %	20	0	0	0	..

Aceros Inoxidables

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
90 %	Ebull.	o	o	l	..
Anilina:					
3 %	20	o	o	o	..
Concentrada Cruda	20	o	o	o	..
Hidroclórica	20	x	x	x	..
Antimonio:					
Antimonio (metal)	Fundido	x	x	x	..
Tricloruro de	20	x	x	x	x
Azúcar en Jugos	C	o	o	o	..
Azufre:					
Fundido	130	o	o	..	..
Ebullición	450	x	x	..	..
Cloruro de	F y C	x	x	x	..
Bióxido de					
Seco	300	o	o	o	..
Húmedo	20	o	o	l	..
Monocloruro de	20	o	l	..	..
Bario:					
Carbonato de	20	o	o	o	..
Cloruro de					
5 %	20	o	o	l	..
(Saturado)	20	o	o	o	..
Solución Acuosa	C	o	o	..	..
Nitrato de					
Solución Acuosa	C	o	o	..	..
Sulfato de	20	o	o	o	..
Sulfuro de					
Solución Saturada	20	o	o	o	o
Barniz	20	o	o	o	o
Baño de Cromado	C	o	o	..	..
Bencina	20	o	o	..	..
Benzol	20	o	o	o	o
Bórax 5 %	C	o	o	o	o
Bromuro	20	x	x	x	..
Café	Ebull.	o	o	o	..
Calcio:					
Carbonato de	20	o	o	o	..
Clorato de					
Solución Diluida	20	o	o	..	..
Solución Diluida	C	o	o	..	..
Cloruro de					
Solución Diluida	20	o	o	l	..
Solución Concentrada	20	o	o	l	..
Hidróxido de					
10 %	Ebull.	o	o	..	..
20 %	Ebull.	o	o	..	..
50 %	Ebull.	o	l	..	..
Hipoclorito de 2 %	20	o	o	l	..
Sulfato de					
(Saturado)	20	o	o	o	..

Aceros Majdalani S.A.I.C

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	418
Carbono:					
Bisulfuro de	20	o	o	o	..
Monóxido de (Gas)	760	o	o	o	o
	870	o	o	o	..
Tetracloruro de					
CP (Seco)	20	o	o	o	o
CP (Seco)	Ebull.	o	o	o	x
Solución Acuosa 10 %	20	o	o	o	o
Cebada (Malta)	20	o	o	o	..
Cerveza	20	o	o	..	..
Cianógeno (Gas)	20	o	o	..	..
Cinc:					
Cianuro de	20	o	o	..	..
Cinc	Fundido	x	x	x	x
Cloruro de					
5 %	20	o	o	o	..
20 %	20	o	o	o	..
70 %	20	o	o	..	..
5 %	Ebull.	o	o	o	..
20 %	Ebull.	o	o	x	..
70 %	Ebull.	o	x	..	..
Nitrato de	C	o	o	..	..
Sulfato de					
5 %	20	o	o	o	..
(Saturado)	20	o	o	o	..
25 %	Ebull.	o	o	..	..
Clorobenzol					
Puro, Seco	20	o	o	o	..
Cloro Gas					
Gas Seco	20	l	l	l	..
Gas Húmedo	20	x	x	x	..
Cloroformo (Seco)	20	o	o	o	..
Cobre:					
Acetato de					
(Saturado)	20	o	o	o	..
Carbonato de					
Sol. Sat. en 50 % NH ₄ OH					
Cianuro de					
(Saturado)	Ebull.	o	o	o	..
Cloruro de					
1 % Aireado	20	o	o	o	..
5 % Aireado	20	l	x	x	..
Nitrato de					
5 %	20	o	o	o	o
50 %	Ebull.	o	o	..	..
Sulfato de					
5 % Aireado	20	o	o	o	..
(Saturado)	Ebull.	o	o	..	..
Coca Cola, Jarabe de (Puro)	20	o	o	o	..
Colas					
Seco	20	o	o	o	..

Aceros Inoxidables

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Solución Acida	20 y 60	o	l	..	..
Creosota	C	o	o	o	..
Desagües		o	o	..	..
Dicloroetano	Ebull.	o	o	..	..
Dinitroclorobenceno Fundido y Solidificado	20	o	o	o	..
Estaño:					
Cloruro Estánnico					
Sp. Gr. 1.21	20	l	x	..	..
Sp. Gr. 1.21	Ebull.	x	x	..	..
Cloruro Estañoso (Saturado)	50	o	l	..	..
(Saturado)	Ebull.	..	x	..	..
Estaño	Fundido	x	x	x	x
Estroncio:					
Hidróxido de		o	o	..	..
Nitrato de	C	o	o	..	..
Eter	20	o	o	o	..
Eter de Petróleo		o	o	o	o
Etilenglicol, Concentrado	20	o	o	o	..
Etílico:					
Alcohol 10 % a 100 %	20	o	o	o	..
Cloruro (Seco)	20	o	o	o	..
Fenol (ver ácido carbólico)					
Fluor (Gas)	20	x	x	x	x
Formalina (Formaldehida al 40)	20	o	o	o	..
Fuel Oil	C	o	o	..	..
Furfural	20	o	o	..	..
Gasolina	20	o	o	o	o
Gelatina	20	o	o	o	o
Glicerina	20	o	o	o	o
Hidrógeno de:					
Peróxido de	20	o	o	o	o
	Ebull.	o	o	o	..
Sulfuro de Seco	20	o	o	o	..
	20	o	l	l	..
Hierro:					
Cloruro férrico Toda concentración	20	x	x	x	..
Cloruro ferroso (Saturado)	20	l	x	..	..
Hidróxido férrico	20	o	o	..	..
Nitrato férrico Toda concentración	20	o	o	o	o
Sulfato ferroso 10 %	20	o	o	l	..
10 %	Ebull.	o	o	..	..
Iodoformo	20	o	o	..	..
Ioduro	20	x	x	x	..

Aceros Majdalani S.A.I.C

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Cloruro de					
1 % y 5 %	20	0	0	0	I
1 % y 5 %	Ebull.	0	0	..	..
Ferricianuro de					
5 %	20	0	0	0	..
5 % y 25 %	Ebull.	0	0	..	..
Ferrocianuro de	20	0	0	0	..
Hidróxido de					
5 %	20	0	0	0	..
27 % y 50 %	Ebull.	0	0	..	..
Ioduro de					
Toda concentración	F y C	0	0	..	..
Nitrato de					
50 %	20	0	0	..	..
50 %	Ebull.	0	0	..	..
Oxalato de		0	0	0	..
Permanganato de					
5 %	20	0	0	0	..
5 %	Ebull.	0	0	..	..
Sulfato de					
1 %	20	0	0	0	0
5 %	20	0	0	0	I
5 %	C	0	0	..	..
Sulfuro de, Sol.	C	0	0	..	..
Quinina:					
Bisulfato de, seco		0	0	0	..
Sulfato de, seco		0	0	0	..
Resinas fenólicas	F y C	0	0	..	..
Rosina	Fundido	0	0	0	..
Sales de Epsom					
(ver Sulfato de Magnesio)					
Salmuera de Sauerkraut	20	0	x	..	..
Sangre (Jugo de carne)	F	0	0	0	..
Sidra	20	0	0	0	..
Sodio:					
Acetato de, húmedo		0	0	0	..
Bicarbonato de					
Toda concentración	20	0	0	0	0
5 %	65	0	0	0	0
Bicromato de		0	0	0	..
Bisulfato de					
10 %	20	0	0	..	..
10 %	Ebull.	0	0	..	..
Borato de					
Toda concentración	F y C	0	0	0	..
Carbonato de					
5 %	Ebull.	0	0	0	..
50 %	Ebull.	0	0	..	..
Fundido	900	x	x	..	..

Aceros Inoxidables

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Jabones					
5 %					
Jugos de Fruta	20	0	0	1	..
Jugos Vegetales	20	0	0	0	0
Kerosene	20	0	0	0	0
Ketchup	20	0	0	0	..
Leche (Fresca o Agria)	F o C	0	0	0	..
Licor Tánico	20	0	0	0	..
Lysol	20	0	0	..	..
				X	X
Magnesio:					
Carbonato de					
Toda concentración	20	0	0	0	..
Cloruro de					
1 % y 5 %	20	0	0	0	..
Sulfato de					
Hidróxido de	F y C	0	1	1	..
Nitrato de	20	0	0	0	1
Toda concentración					..
Manteca	20	0	0	0	..
Mayonesa	20	x	x	x	..
Melaza	20	0	0	..	..
Mercúrico cloruro, Soluc. diluida					
Mercurio	20	0	0	0	..
Metanol (ver Alcohol metílico)					
Mostaza	20	x	x	x	x
					..
Nafta:					
Cruda	20	0	0	1	..
Pura	20	0	0	0	..
Níquel:					
Cloruro de, Sol.	20	0	0	..	..
Sulfato de, Sol.	20	0	0	..	..
Panceta	20	0	0	..	..
Parafina	F y C	0	0	0	..
					0
Plata:					
Bromuro de					
Cloruro de		0	1	x	..
Nitrato de		x	x	x	..
10 %	20	0	0	0	..
10 %	Ebull.	0	0	0	..
Plomo (Fundido)	540	1	1	1	..
Potasio:					
Bicarbonato de	F y C	0	0	0	..
Bicromato de					
25 %	20	0	0	0	..
25 %	Ebull.	0	0	..	..
Bromuro de	20	0	0	..	..
Carbonato de					
Solución	Ebull. y 20	0	0	0	..
Clorato de					
(Saturado)	Ebull.	0	0	0	0

Aceros Majdalani S.A.I.C

SUSTANCIA	Temp. °C	316	304	430	410
Clorato de 25 %	F y C	o	o	..	..
Cloruro de Toda concentración (Saturado)	20 20 y Ebull.	o o	o o	o..	....
Citrato de Toda concentración	F y C	o	o	..	..
Fluoruro de 5 %	-	o	o	l	..
Fosfato de 5 %	F y C	o	o	..	..
Hidróxido de 20 % y 30 %	20	o	o	o	..
20 %	Ebull.	o	o	..	..
30 %	Ebull.	o	o	l	..
Fundido	340	o	o	..	..
Hipoclorito de	20	o	l	x	x
Hiposulfito de	20	o	o	o	..
Nitrato de Toda concentración	F y C	o	o	o	..
Nitrito de Toda concentración	F y C	o	o	..	..
Perclorato de 10 %	20	o	o	..	..
10 %	Ebull.	o	o	..	..
Peróxido de 10 %	20 Ebull.	o o	o o	....	....
Sulfato de 5 % (Saturado)	20 Ebull.	o o	o o	o l	o ..
Sulfuro de 5 %	20	o	o	o	o
50 %	Ebull.	o	o	l	..
Sulfito de 5 %	20	o	o	l	..
25 % y 50 %	Ebull.	o	o	o	..
Tiosulfato de 25 % (Saturado)	20 20 y Ebull.	o o	o o	.. o	....
Baño de fijación ácido (Hypo)	20	o	o	..	..
Trementina Aceite de alquitrán de pino	F y C	o	o	..	..
Tricloroetileno	20	o	o	l	..
Vapor de Agua		o	o	o	o
Vinagre	20	o	o	o	..
Whisky	C	o	o	o	..
		o	o	..	..

F: Frío

C: Caliente

Ebull.: Ebullición

Aceros Inoxidables

ACEROS REFRACTARIOS
Y RESISTENTES
A ALTAS TEMPERATURAS

ACEROS REFRACTARIOS. ACEROS RESISTENTES A ALTAS TEMPERATURAS

INTRODUCCION

Son similares a los inoxidables en todos sus conceptos; solo el porcentaje de Carbono es superior, para mejorar las propiedades mecánicas a altas temperaturas. Se utilizan en aplicaciones en las que las temperaturas de trabajo superan los 700° C.

EJEMPLOS COMPARATIVOS:

Supongamos los siguientes materiales ferrosos expuestos a 1000° C durante 48hs:

- * Sin Cromo, sin protección: La superficie pierde aproximadamente el 100%
- * Con 6% de Cromo hasta un 30%
- * Con 13% de Cromo: poco mas del 20%
- * Con 25% de Cromo: pierde de 1 a 2%

ACEROS REFRACTARIOS Y RESISTENTES A ALTAS TEMPERATURAS MAS UTILIZADOS

- * Austeníticos: 309, 310, 330 (Este último para choques térmicos)
- * Ferríticos: 446 (Más económico, con propiedades mecánicas inferiores)

TRATAMIENTOS TERMICOS

No llevan tratamientos térmicos pues como trabajan a altas temperaturas carece de sentido.

OBTENCION Y APLICACIONES DE LOS ACEROS REFRACTARIOS

Se producen en hornos eléctricos de arco o de inducción.

Se aplican en hornos de calcinación de cemento, sinterización de minerales, calderas, soportes para tratamientos térmicos, industria de la cerámica y enlozado.

BIBLIOGRAFIA

- * Aceros especiales - Apraiz Barreiro
- * Aceros inoxidables y refractarios - Colombier Hochmann
- * Aceros inoxidables, refractarios y criogenicos - Gabriel Conde

MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Para este propósito se agrega Azufre, Selenio (En proporciones no mayores al 3%) o Molibdeno (Hasta el 6%).

El mecanismo consiste en lograr la formación de inclusiones no-metálicas (Sulfuros, Seleniuros, etc...) en la estructura del acero, creando de esta manera discontinuidades que facilitan el arranque de viruta, lo que implica mejor maquinabilidad a la vez que se pierde inoxidabilidad y propiedades mecánicas.

ACEROS INOXIDABLES MAS UTILIZADOS

- * Austeníticos: 304 y 316
- * Ferríticos: 430
- * Martensíticos: 420 y cuchillería (12-14% Cr y 0,35% C)

PROCESOS, OBTENCION Y APLICACIONES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Los procesos con aceros inoxidables se efectúan, en general a altas temperaturas, lo que trae como consecuencia un aumento del tamaño de grano. El mismo se puede reducir luego por forja, laminado o estirado. Dichos procesos se producen, aunque en forma limitada, un aumento en la dureza del material. Para elevar la tenacidad, luego de trabajar en frío, se calientan a 825°C.

Los aceros inoxidables austeníticos son aptos para trabajar en frío, por ser blandos, (Alambres, flejes, chapas laminadas, etc.).

La resiliencia es baja, pero podemos aumentarla calentando a temperaturas entre 150 y 200° C.

Se producen en hornos eléctricos trifásicos de inducción, preferentemente con vacío. Se aplican en la industria química, alimenticia y petroquímica.

Generalmente en toda aplicación que implique la presencia de agentes líquidos o gaseosos corrosivos.

PIEZAS FUNDIDAS ACEROS INOXIDABLES Y RESISTENTES A CORROSIÓN

SAE N°.	ASTM A 296 ACI ^a	Composición Química								
		C, Max	Mn, Max	Si, Max	P, Max	S, Max	Cr Rango	Ni Rango	Mo	Otros
60303	CF-16F	0.16	1.50	2.00	0.17	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	1.5 max	Se, 0.20-0.35
60304	CF-8	0.08	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0-21.0	8.0-11.0	—	—
60304L	CF-3	0.03	1.50	2.00	0.04	0.04	17.0-21.0	8.0-12.0	—	—
60309	CH-20	0.20	1.50	2.00	0.04	0.04	22.0-26.0	12.0-15.0	—	—
60310	CK-20	0.20	1.50	2.00	0.04	0.04	23.0-27.0	19.0-22.0	—	—
60312	CE-30	0.30	1.50	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	8.0-11.0	—	—
60316	CF-8M	0.08	1.50	1.50	0.04	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	—
60316L	CF-3M	0.03	1.50	1.50	0.04	0.04	17.0-21.0	9.0-13.0	2.0-3.0	—
60317	CG-8M	0.08	1.50	1.50	0.04	0.04	18.0-21.0	9.0-13.0	3.0-4.0	—
60326	CB-7Cu	0.07	1.00	1.00	0.04	0.04	15.5-17.0	3.6-4.6	—	Cu, 2.3-3.3
60328	CD-4MCu	0.040	1.00	1.00	0.04	0.04	25.0-27.0	4.75-6.0	1.75-2.25	Cu, 2.75-3.25
60332	CN-7M	0.07	1.50	1.50	0.04	0.04	19.0-22.0	27.5-30.5	2.0-3.0	Cu, 3.0-4.0
60347	CF-8C	0.08	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	—	—
60410	CA-15	0.15	1.00	1.50	0.04	0.04	11.5-14.0	1 max	0.50 max	—
60420	CA-40	0.20-0.40	1.00	1.50	0.04	0.04	11.5-14.0	1 max	0.50 max	—
60442	CB-30	0.30	1.00	1.00	0.04	0.04	18.0-22.0	2 max	—	—
60446	CC-50	0.50	1.00	1.00	0.04	0.04	26.0-30.0	4 max	—	—
60502	—	0.25	1.00	0.60	0.05	0.05	4.0-6.5	—	0.40-0.60	—

ACI Alloy Casting Institute

ACEROS RESISTENTES AL CALOR

SAE J436b

SAE N°	Composición Química								
	C	Mn, Max	Si, Max	P, Max	S, Max	Cr	Ni	Mo	Otros
70308	0.20-0.40	2.00	2.00	0.04	0.04	18.0-23.0	8.0-12.0	0.5max	—
70309	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	24.0-28.0	11.0-14.0	0.5max	N, 0.2 max
70310	0.20-0.60	2.00	3.00	0.04	0.04	24.0-28.0	18.0-22.0	0.5max	—
70310A	0.20-0.60	2.00	3.00	0.04	0.04	28.0-32.0	18.0-22.0	0.5max	—
70311	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	19.0-23.0	23.0-27.0	0.5max	—
70312	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	8.0-11.0	0.5max	—
70327	0.50 max	1.50	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	4.0-7.0	0.5max	—
70330	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	13.0-17.0	33.0-37.0	0.5max	—
70331	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	17.0-21.0	37.0-41.0	0.5max	—
70334	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	10.0-14.0	58.0-62.0	0.5max	—
70335	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	15.0-19.0	64.0-68.0	0.5max	—
70446	0.50 max	1.00	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	4 max	0.5max	—
70502	0.25 max	1.00	0.75-1.50	0.05	0.05	4.5-6.5	—	0.40-0.60	—

ASTM A297

GRADO	TIPO	Composición Química							Características mecánicas		
		C	Mn max	Si max	P max	S max	Cromo	Niquel	Tensión de rotura min MPa	Límite elástico min MPa	Alargamiento en % en 50 mm min
HF	19 Cromo 9 Niquel	0.20-0.40	2.00	2.00	0.04	0.04	18.0-23.0	8.0-12.0	485	240	25
HH	25 Cromo 12 Niquel	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	24.0-28.0	11.0-14.0	515	240	10
HL	28 Cromo 15 Niquel	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	14.0-18.0	485	240	10
HK	25 Cromo 20 Niquel	0.20-0.60	2.00	2.00	0.04	0.04	24.0-28.0	18.0-22.0	450	240	10
HE	29 Cromo 9 Niquel	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	8.0-11.0	585	275	9
HT	15 Cromo 35 Niquel	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	15.0-19.0	33.0-37.0	450	.....	4
HU	19 Cromo 39 Niquel	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	17.0-21.0	37.0-41.0	450	.....	4
HW	12 Cromo 60 Niquel	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	10.0-14.0	58.0-62.0	415	.....	.....
HX	17 Cromo 68 Niquel	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	15.0-19.0	64.0-68.0	415	.....	.....
HC	28 Cromo	0.50 max	1.00	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	4.0 max	380	.....	.....
HD	28 Cromo 5 Niquel	0.50 max	1.50	2.00	0.04	0.04	26.0-30.0	4.0-7.0	515	240	8
HL	29 Cromo 20 Niquel	0.20-0.60	2.00	2.00	0.04	0.04	28.0-32.0	18.0-22.0	450	240	10
HN	20 Cromo 25 Niquel	0.20-0.50	2.00	2.00	0.04	0.04	19.0-23.0	23.0-27.0	435	.....	8
HP	28 Cromo 35 Niquel	0.35-0.75	2.00	2.50	0.04	0.04	24-28	33-37	430	235	4.5

ACEROS PARA HERRAMIENTAS

ACEROS PARA HERRAMIENTAS

INFLUENCIAS DE LOS DIFERENTES ALEANTES

Las influencias de los aleantes utilizados en los aceros para herramientas busca lograr las características necesarias para tal aplicación.

Los aleantes más utilizados y sus influencias son los siguientes:

- * Manganeso: Aumenta la penetración del temple al bajar la velocidad crítica. Mejora notablemente la resistencia al desgaste, la tracción y el límite elástico.

- * Vanadio: Afina el grano y disminuye la penetración del temple (0,1 a 0,2%), con ello mejora la tenacidad y brinda gran resistencia al desgaste en el sobrecalentamiento pues forma carburos de gran dureza.

- * Cromo: Aumenta la penetración del temple, favorece la formación de carburos complejos. Mejora la resistencia a la tracción, el límite elástico y la resistencia a la corrosión. Afina el grano y aumenta el porcentaje de carburos.

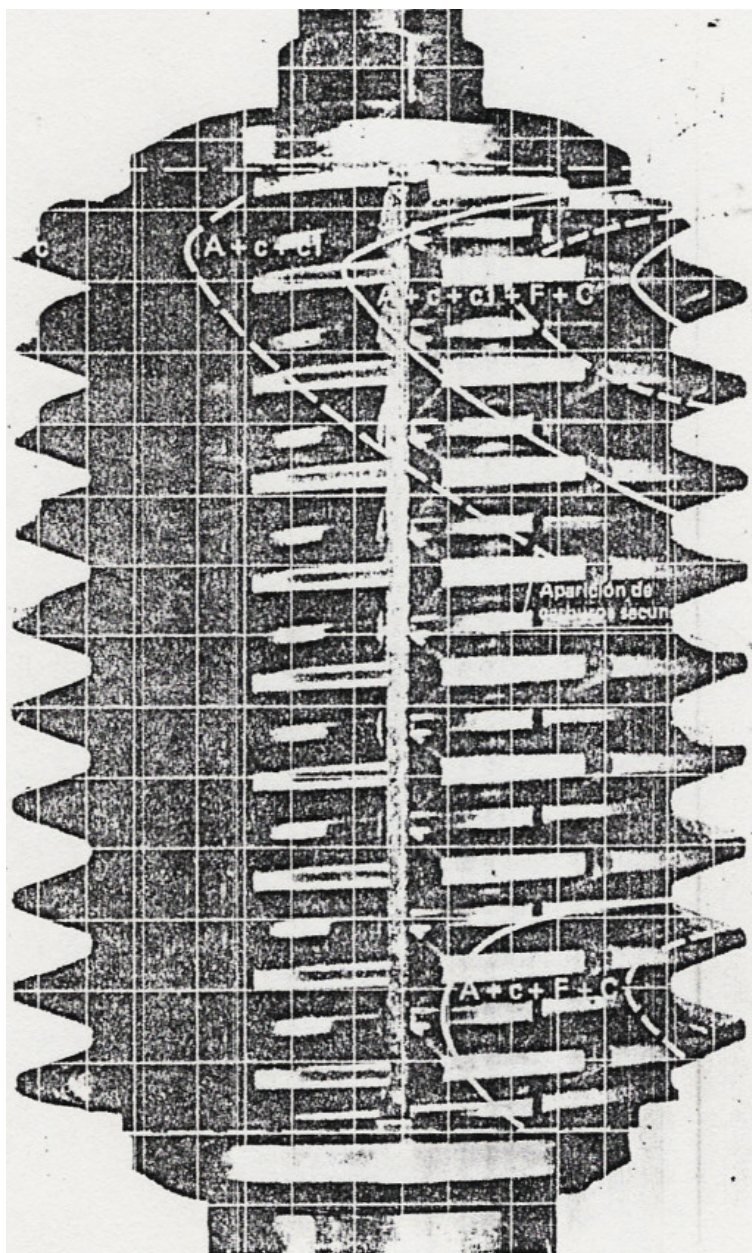
- * Carbono: Permite obtener gran dureza con el temple y formar carburos.

- * Wolframio: Mantiene la resistencia y dureza de la martensita a alta temperatura. Forma carburos muy duros que aumenta su resistencia al desgaste.

- * Molibdeno: Mejora la resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza, manteniéndola a alta temperatura. También ayuda en la resistencia a la corrosión.

- * Cobalto: Se presenta particularmente disuelto en la ferrita, aumenta la resistencia en caliente, la fragilidad, la tendencia a la descarburación, las temperaturas de fusión y temple, lo que favorece la disolución de los carburos.

**INSTITUTO
ARGENTINO DE
SIDERURGIA
ACEROS PARA HERRAMIENTAS
HOJAS DE CARACTERISTICAS**



Edición preliminar, octubre 1988

CONTENIDO

INTRODUCCION

ACERO IRAM:

W210

F112

01

A2

D2

D3

D6

S1

S4

P20

L7

H11

H13

H21

C2

C3

C4

M2

M3

M7

M35

M36

T5

R1

INTRODUCCION

Este volumen contiene las características principales de los aceros para herramientas de mayor producción y consumo de nuestro país, ya que son los racionalizados en Convenciones Nacionales.

Para cada uno de estos aceros se han indicado sus propiedades obtenidas de la experiencia adquirida a través de la realización de múltiples ensayos efectuados por productores y usuarios de nuestro país.

Al conjunto de propiedades que caracterizan a cada acero se lo ha denominado "Hojas de características" y contienen los siguientes datos:

- Índice de propiedades, según tablas I y II
- Clasificación
- Composición química
- Descripción general
- Forma de suministro
- Estado de entrega
- Aplicaciones
- Propiedades físicas
- Propiedades tecnológicas
- Dureza en estado recocido
- Tratamientos térmicos
- Equivalencias entre distintas normas
- Dureza en función de las temperaturas de revenido
- Características mecánicas en función de las temperaturas de revenido.
- Diagrama de transformación isotérmica
- Banda de templabilidad

REFERENCIAS

Propiedades principales de los aceros para herramientas.

Entre los aceros de construcción y aceros de herramientas no se puede hacer una división exacta. Ciertos aceros de herramientas se usan como elementos de construcción mecánica en aplicaciones muy especiales, mientras que los aceros de construcción pueden en algunos casos ser usados para fabricar ciertas herramientas. En función de estos distintos usos existe una marcada diferencia en las propiedades exigibles. Por ejemplo: para piezas

de construcción mecánicas las propiedades más importantes son: la resistencia

a la tracción, templabilidad, la resistencia a la fatiga, mientras que cuando se usa en la fabricación de herramientas las propiedades exigibles son resistencia al desgaste, tenacidad, etc.

A los efectos prácticos y para facilitar la selección del acero en función de la propiedad predominante deseada se han incluido las tablas I y II. En dichas tablas se ha valorizado con un número cada una de las propiedades principales de cada acero y para hacer esa valoración se tomaron los 10 primeros dígitos, siendo el número 1 el índice de la propiedad que el acero menos satisface y el número 10 el índice de la propiedad que el acero satisface plenamente.

Descripción de las propiedades de los aceros para herramientas.

1.1 Resistencia al desgaste

Las herramientas en el uso, siempre están en contacto con el material de trabajo y por tal razón siempre existe una fricción entre las dos partes. Esta fricción es elevada especialmente en el caso de las herramientas cortantes y en las matrices al conformar metales en frío.

La resistencia al desgaste depende de la microestructura y dureza de las zonas sometidas al desgaste. Incorporando elementos formadores de carburos se aumenta notablemente esta resistencia, especialmente si se trata de carburos no disueltos y bien distribuidos en una matriz endurecida por temple y revenido.

Además de la cantidad y naturaleza de estos carburos especiales tiene mucha importancia la morfología, el tamaño de los mismos y su distribución en la matriz.

Para mejorar aún más la resistencia al desgaste en ciertos casos se puede nitrurar o recarburar la superficie de la herramienta. No obstante este procedimiento no se emplea en caso de herramientas cortantes pues el endurecimiento superficial involucra una fragilidad y el filo de la herramienta podría quebrarse con mucha facilidad.

1.2 Tenacidad

En la mayoría de los casos las herramientas están sometidas a impactos mecánicos o sollicitaciones repetidas.

Para evitar roturas frágiles y prematuras, la herramienta debe tener buena tenacidad.

La tenacidad es una propiedad compleja que depende de varios factores. En primera instancia está inversamente relacionada con la dureza y con la penetración de temple. Además sobre la tenacidad tienen una marcada influencia ciertos factores propios de la elaboración del acero, como lo es su estado de limpieza en inclusiones no metálicas, su tamaño de grano y la dosificación correcta de ciertos elementos que como el níquel y el manganeso que mejoran la tenacidad de la matriz. Los elementos vanadio, tungsteno, molibdeno y cromo tienen un efecto favorable sobre la tenacidad debido al refinamiento de granos.

A su vez para mejorar la tenacidad es aconsejable efectuar doble revenido, luego de templado.

1.3 Dureza en caliente

Las herramientas que trabajan con metales calientes (moldes de fundición a presión, matrices de forja, etc.) y las herramientas cortantes de viruta con alta velocidad se recalientan durante el trabajo. Por tal razón estas herramientas deben fabricarse con aceros que tengan alta dureza a temperaturas elevadas o bien que los mismos tengan una resistencia al efecto de ablandamiento por calentamiento.

Esta propiedad se logra adicionando al acero ciertos elementos retardadores del efecto de las temperaturas del revenido, como son el cromo, vanadio, molibdeno, tungsteno y cobalto.

1.4 Indeformabilidad

La indeformabilidad se puede definir como la tendencia a conservar cierta estabilidad dimensional después del temple.

Las piezas de acero sometidas al temple sufren distorsiones y cambian sus dimensiones si las tensiones residuales después o en el curso del enfriamiento brusco superan el límite elástico del acero, causando deformaciones plásticas.

Las tensiones internas tienen tres orígenes:

- tensiones residuales del mecanizado de las piezas;
- tensiones térmicas, causadas por la contracción térmica;
- tensiones de transformación que se deben a la diferencia de volúmenes que existe entre la austenita y el producto de transformación (por ejemplo: martensita).

Las tensiones residuales del mecanizado no son inherentes al acero y pueden eliminarse por un tratamiento de distensionado antes de templar. En cambio las tensiones térmicas y de transformación en condiciones similares de temple dependen del acero. Los aceros de temple que tienen mayor templabilidad o sea que tienen temperaturas bajas de austenización y una baja velocidad crítica, son más indeformables que los que no poseen esta característica. Además, sobre la indeformabilidad tienen influencia el límite elástico en caliente, la conductividad y dilatación térmica y ciertos factores metalúrgicos propios de la elaboración del acero, como el grado de segregación e impurezas macro y microscópicas, etc.

1.5 Templabilidad o profundidad de temple

A mayor penetración de temple, mayor es la resistencia mecánica de las piezas de espesores de consideración y además es más profunda la resistencia óptima al desgaste. En piezas grandes en general es importante que el efecto del temple llegue hasta el núcleo.

La templabilidad depende de la composición química del acero, siendo los elementos a los que más comúnmente se recurre para aumentar la

profundidad de temple el manganeso, cromo, níquel y molibdeno. Otros factores metalúrgicos relacionados con el proceso de elaboración del acero, en particular su desoxidación, también tienen influencia sobre la templabilidad.

1.6 Resistencia al choque térmico

Los aceros pueden fisurarse al recibir cambios bruscos de temperatura sea durante su temple o en el curso de su utilización. La resistencia al choque térmico está íntimamente relacionada a su tenacidad, a su conductividad y dilatación térmica y su resistencia a la tracción. Las fisuras se producen cuando las tensiones internas ocasionadas por la dilatación o contracción térmica del acero superan su resistencia a la tracción.

Es muy importante el diseño y la calidad superficial de las herramientas, pues defectos superficiales o cambios bruscos de su forma pueden producir concentraciones de tensiones muy elevadas.

Cabe acotar que las inclusiones no metálicas, especialmente las filiformes o puntiagudas son también fuertes concentradores localizados de tensiones.

1.7 Susceptibilidad a la decarburación

La susceptibilidad a la decarburación es importante en la elección del acero para herramientas por las dos razones siguientes:

- Elección del equipo más adecuado para los tratamientos térmicos
- Definir el espesor de la capa superficial del material que debe ser removido después del tratamiento térmico.
- El índice de la susceptibilidad a la decarburación indicada en la tabla N° I se refiere a las temperaturas normales de los tratamientos térmicos señaladas en este manual. Los aceros que tienen alto índice de susceptibilidad a la decarburación de alguna manera deben ser protegidos durante el ciclo de calentamiento.

2. Clasificación

La clasificación, designación y codificación de los aceros para herramientas responde a lo establecido en la norma IRAM-IAS U 500/669, la que en gran parte responde con la denominación de los aceros AISI.

3. Composición química

La composición química es la establecida en la norma IRAM-IAS U 500/669 y es aplicada al producto terminado.

4. Forma de suministro y estado de entrega

Se indican también las distintas formas en que se suministran estos productos y los distintos estados en que generalmente se entregan al mercado consumidor.

5. Aplicaciones

Las aplicaciones de los aceros se dan a título indicativo y *son*; las más frecuentes según la experiencia e información recabada.

6. Propiedades físicas y tecnológicas

Se tomaron como base los datos aportados por la industria nacional y los indicados en la bibliografía consultada.

La maquinabilidad de los aceros se refiere en estado recocido y globulizado y se da en porcentaje tomando como base el índice de maquinabilidad 100% del acero IRAM 1212 (SAE 1212).

7. Características mecánicas

Las características mecánicas de cada acero son datos orientativos que se muestran en los gráficos correspondientes donde R_m es la resistencia a la tracción; $R_{p0,2}$ es la tensión correspondiente a un alargamiento no proporcional del 0,2%; Z es la estricción; A es el alargamiento y K (impacto) es la energía absorbida en el ensayo de flexión por impacto.

TABLA I

INDICE DE PROPIEDADES

DESIGNACION IRAM	Resist. al Desgaste	Tenaci- dad	Dureza en Caliente	Indeformabi- lidad	Templabi- lidad	Resist. al cho- que ter- mico	Suscepti- bilidad a la de- carbura- c.
W 210	4	6-7	1	1-7 ⁽¹⁾	1	2	3
F 112	6	7	3	6	3	2	3
O1	4	3	3	7	5	6	6
A2	6	4	5	8	8	8	7
D2	8	2	6	9	9	8	8
D3	9	1	6	9	9	8	8
D6	9	1	6	9	8	8	8
S1	4	8	5	6	6	6	6
S4	2	8	2-3	2	3	2	9
P20	1-3 ⁽²⁾	8	2	6	5	7	6
L7	3	4	2	2	3	3	6
H11	3	9	6	8	9	9	8
H13	3	9	6	8	9	9	8
H21	4	6	8	6	7	7	6
C2	2	7	3	4	7	5	6
C3	1	7	3	4	6	4	6
C4	2	7	4	5	7	5	6
M2	7	3	8	6	9	4	9
M3	8	3	8	6	9	4	9
M7	8	3	8	6	9	4	9
M35	7	3	9	6	9	4	9
M36	7	1	9	6	9	4	9
T5	7	1	9	6	9	4	9
R1	10	1	10	6	9	4	9

(1) Piezas chicas: 1 - Piezas gruesas: 7 (2) En estado cementado

ELECCION DEL ACERO

Tipo de trabajo	Características primarias de la herramienta	Propiedades secundarias	Condiciones de trabajo	Rango usual del índice de propiedad			Tipo de acero recomendado
				Resistencia al desgaste	Tenacidad	Dureza en caliente	
Con arranque de viruta	Resistencia al desgaste Dureza en caliente	Fácil de amolar Tenacidad	Poca sección de viruta y baja velocidad de corte	4-3	1-3	1-6	(F 112) - <u>M2</u> - <u>M3</u> - <u>M7</u> - <u>R1</u>
			Eleuada sección de viruta y alta velocidad de corte	7-9	1-3	8-9	(M2) - (M7) - <u>M35</u> - <u>M36</u> - <u>T5</u> - <u>R1</u>
Corte por cizallamiento del material	Resistencia al desgaste Tenacidad	Indeformabilidad Resistencia al choque térmico (en el temple)	Material de espesor fino pequeñas series (corte en frío)	3-6	1-7	-	<u>W210</u> - <u>O1</u> - (A2) - <u>L7</u> - <u>F112</u>
			Material de espesor fino pequeñas series (corte en caliente)	3-6	1-7	4	<u>C4</u> - (H13)
			Material de espesor fino grandes series (corte en frío)	4-9	1-7	-	(O1) - <u>A2</u> - <u>D2</u> - (D3) - (D6) - <u>M2</u> - <u>R1</u>
			Material de espesor fino grandes series (corte en caliente)	4-9	1-7	4-6	(C4) - <u>H13</u>
			Material de espesor grueso (corte en frío)	2-4	7-9	-	(W210) - <u>S1</u> - <u>S4</u> - <u>F112</u>
			Material de espesor grueso (corte en caliente)	3-5	7-9	6-8	<u>H13</u> - (H21)
Forjado en caliente	Resistencia al desgaste Dureza en caliente	Tenacidad Maquinabilidad Resistencia al choque térmico	Pequeñas series	3-6	6-9	4-7	(C2) - (C3) - <u>C4</u> - (H11) - H13
			Grandes series	4-6	6-9	7-9	(C4) - <u>H13</u> - <u>H21</u>
Estampado en frío	Resistencia al desgaste Tenacidad	Maquinabilidad Tenacidad Indeformabilidad	Pequeñas series	4-6	1-7	-	<u>W210</u> - <u>F112</u> - <u>O1</u> - (A2)
			Grandes series	7-9	1-4	-	<u>D2</u> - <u>D3</u> - <u>D6</u> - <u>M2</u> - <u>M7</u>
Embutido profundo	Resistencia al desgaste Tenacidad	Indeformabilidad	Pequeñas series	4-6	1-7	-	(W210) - (F112) - <u>O1</u> - <u>A2</u>
			Grandes series	7-9	1-4	-	<u>D2</u> - <u>D3</u> - <u>D6</u> - <u>M2</u> - <u>M7</u>
Extrusión	Resistencia al desgaste Tenacidad		En frío	4-9	1-7	-	<u>L7</u> - <u>O1</u> - <u>A2</u> - <u>D2</u> - <u>D3</u> - <u>D6</u> - <u>M2</u> - <u>M7</u>
	Dureza en caliente Tenacidad	Resistencia al desgaste	En caliente	3-6	6-9	5-7	(C3) - (C4) - (H11) - <u>H13</u> - <u>H21</u>

Tipo de trabajo	Características primarias de la herramienta	Propiedades secundarias	Condiciones de trabajo	Rango usual del índice de propiedad			Tipo de acero recomendado
				Resistencia al desgaste	Tenacidad	Dureza en caliente	
Laminación (cilindros) en frío	Resistencia al desgaste		Pequeñas series	4-6	1-7	-	(F112) - <u>L7</u> - (O1)
			Grandes series	7-9	1-4	-	(L7) - <u>D3</u> - <u>D6</u> - <u>M2</u> - <u>M7</u>
Golpes	Tenacidad	Resistencia al desgaste		2-4	7-9	-	<u>W210</u> - <u>S1</u> - <u>S4</u>
Moldes	Resistencia al choque térmico	Dureza en caliente Maquinabilidad	Para metales fundidos a presión	1-4	6-9	2-8	<u>P20</u> - (C2) - (C3) - <u>C4</u> - (H11) - <u>H13</u> - (H21)
	Resistencia al desgaste Maquinabilidad		Para material plástico	4-8	3-9	3-6	<u>P20</u> - <u>O1</u> - <u>A2</u> - (C4) - <u>H13</u> - (H21)
	Resistencia al desgaste	Maquinabilidad	Para cerámicas	4-8	3-5	-	<u>L7</u> - <u>F112</u> - <u>O1</u> - <u>A2</u> - <u>D2</u> - (D3) - (D6)
	Dureza en caliente Resistencia al desgaste	Tenacidad Maquinabilidad	Para sinterizar polvos	3-6	6-9	5-8	(C3) - (C4) - <u>H13</u> - <u>H21</u>

Los aceros subrayados son de uso preferencial.

ACEROS PARA HERRAMIENTAS:

DENOMINACION UDDEHOLM	APLICACIONES	C.	Si.	Mn.	Cr.	Ni.	Mo.	W.	Co.	V.	Otros	
IMPAX	MOLDES DE INYECCION PARA PLASTICOS Y DE ALTA RESISTENCIA PARA COMPRESION DE PLASTICOS - HERRAMIENTAS PARA FUNDICION INYECTADA DE ALEACIONES DE PLOMO ESTAÑO Y ZINC - MORDAZAS DE ALTA RESISTENCIA - PLACAS DE APOYO - PIEZAS DE CONSTRUCCION - EJES - HERRAMIENTAS DE EMBUTIR - TROQUELES DE DOBLADO A PRESION - ETC.	0.35	0.3	0.7	1.8	0.7	0.3					
		SE ENTREGA PRETEMPLADA A 270-310 HB. 90-100 Kg/mm ²										
GRANE	MOLDES DE PLASTICOS - HOJAS DE CIZALLA (EN CALIENTE Y FRIO) - TROQUELES DE FORJA A MARTINETE - HERRAMIENTAS DE DOBLAR Y PENSAR - TROQUELES DE ESTAMPAR EN FRIO Y DE ACURAR (EN CALIENTE Y FRIO) - MATRICES PARA ALEACION DE ZINC - ENGRAJES DE ALTA RESISTENCIA - ETC.	0.55	0.3	0.5	1.0	3.0	0.3					
		TEM. TEMPLE: 800-850°C REVENIDO: MINIMO 180°C										
ARNE	HERRAMIENTAS PARA CORTAR - ESTAMPAR - PUNZONAR - PERFORAR - TALADRAR - CALIBRAR - CIZALLAR - DESBARBAR - RECORTAR - EMBUTIR - DOBLAR - ACURAR - PEQUEÑOS MOLDES DE PLASTICOS - FUNDICION A PRESION PARA ALEACIONES DE PLOMO, ESTAÑO Y ZINC - CALIBRES - PUNTOS DE TORNO - HERRAMIENTAS DE MEDIDA - CASQUILLOS DE GUIA - ETC.	0.9		1.2	0.5			0.5		0.1		
		TEM. TEMPLE: 800-850°C REVENIDO: MINIMO 180°C										
SVERKER 3	HERRAMIENTAS PARA CORTAR - PUNZONAR - TROZAR - CIZALLAR - DESBARBAR - RECORTAR - DOBLAR - EMBUTIR - CUCHILLAS TRITURADORAS PARA DISPENSADORES DE PLASTICOS - FRESAS PARA MADERAS - TROQUELES DE EXTRUSION Y PARA COMPACTAR POLVOS METALICOS - MOLDES PARA CERAMICOS - CALIBRES - HERRAMIENTAS DE MEDIDAS - ETC.	2.05	0.3	0.8	12.5			1.3				
		TEMP. TEMPLE: 920-1.000°C REVENIDO: MINIMO 180°C										
ORVAR 2	HERRAMIENTAS PARA FUNDICION INYECTADA Y PARA PENSADO EN CALIENTE DE ESTAÑO - PLOMO - ZINC - ALUMINIO - MAGNESIO - COBRE Y ACERO - HERRAMIENTAS PARA EXTRUSION - CIZALLADO EN FRIO DE CHATARRA - MOLDES DE PLASTICOS - ESTAMPADO EN FRIO DE TORNILLOS - SOPORTES DE RODILLOS PARA TRENES DE LAMINAR SENDZIMIR - ETC.	0.37	1.0	0.4	5.3		1.4			1.0		
		TEMP. TEMPLE: 980-1080°C REVENIDO: MINIMO 180°C										
UHB 368	HERRAMIENTAS QUE REQUIERAN BUENA DUREZA AL ROJO. ALTA RESISTENCIA A LA TRACCION Y BUENA RESISTENCIA AL DESGASTE A TEMPERATURAS ELEVADAS (SUPERIORES A 590°C). EJEMPLOS: EXTRUSION EN CALIENTE DE COBRE Y ALEACIONES DE COBRE - MATRICES PARA LATON Y ELEMENTOS PARA EL MATRIZADO DE ALUMINIO.	0.4	0.2	0.3	3.3		1.3	2.5	1.7	1.3		
		TEMP. TEMPLE: 1050-1100°C REVENIDO: MINIMO 100°C										
QRO 45	HERRAMIENTAS PARA FUNDICION INYECTADA DE ALEACIONES DE COBRE - HERRAMIENTAS PARA PENSADO EN CALIENTE EN ALEACIONES DE COBRE Y ACERO - HERRAMIENTAS PARA EXTRUSION - TROQUELES - PORTA-TROQUELES - MANDRILES - DE ESTAMPADO - ETC.	0.3	0.8	0.4	3.0		2.8		2.8	0.5		
		TEMP. TEMPLE: 980-1080°C REVENIDO: MINIMO 200°C										
QRO 80	ULTIMO DESARROLLO DE UDDEHOLM - CON PATENTE MUNDIAL PARA TRABAJOS EN ALTAS TEMPERATURAS, COMO EL PENSADO O EXTRUSION DE ALEACIONES DE COBRE. BUENA RESISTENCIA A LOS CHOQUES TERMICOS Y A LA FATIGA POR CALOR. GRAN TENACIDAD Y TEMPLABILIDAD MEJORADA.	0.4	0.3	0.8	2.6		2.0			1.2	^{B.} 0.003	
		TEMP. TEMPLE: 1000-1080°C REVENIDO: MINIMO 180°C										
UHB 29	ES EL TIPO MAS COMUN DE LOS ACEROS RAPIDOS. USADO PARA LA FABRICACION DE MECHAS, BROCHAS, FRESAS DE TODO TIPO, HOJAS DE SIERRA, MACHOS, RODILLOS Y PEÑES DE ROSCADO, ETC. LA ALTA RESISTENCIA AL DESGASTE Y A LA COMPRESION, LO HACEN ACONSEJABLE PARA HERRAMIENTAS DE TRABAJO EN FRIO.	0.85	0.2	0.3	4.2		5.0	6.4		1.9		
		TEMP. TEMPLE: 1050-1225°C REVENIDO: MINIMO 550°C										
ASP 23	LA EXCELENTE ESTABILIDAD Y SU FACIL RECTIFICADO LO HACEN APROPIADO PARA HERRAMIENTAS DE FORMAS COMPLICADAS TALES COMO FRESAS MADRES, CREADORES, BROCHAS Y TERRAJAS. LA ALTA RESISTENCIA AL DESGASTE Y SU TENACIDAD LO HACEN ACONSEJABLE PARA HERRAMIENTAS DE TRABAJOS EN FRIO COMO MECHAS, MACHOS, ETC.	1.27	0.3	0.3	4.2		5.0	6.4		3.1		
		TEMP. TEMPLE: 1050-1180°C REVENIDO: MINIMO 550°C										
ASP 30	PARA HERRAMIENTAS DE CORTE PARA MAQUINAR MATERIAL DE ALTA DUREZA, DONDE EXISTE UNA ALTA DEMANDA DE RESISTENCIA AL DESGASTE, TENACIDAD, DUREZA AL ROJO Y RESISTENCIA AL REVENIDO - SU EXCELENTE ESTABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD LO HACEN MUY ADECUADO PARA HERRAMIENTAS DE FORMAS.	1.27	0.3	0.3	4.2		5.0	6.4	8.5	3.1		
		TEMP. TEMPLE: 1100-1190°C REVENIDO: MINIMO 540°C										

UDDEHOLM	STORA	BOEHLER	STYRIA	AISI	SIS	WERKSTOFF	DIN
•IMPAX				P 20		2710	45 Ni Cr 6
•GRANE ROBATECH 2	85	NBS	LB 5D	L 6	2550	2721	50 Ni Cr 13
•ARNE	16	AMUTIT	SWS	01	2140	2510	100 Mn Cr W 4
•SVERKER 3 ROSAPERM K	62	SPECIAL K	CROMO ESPECIAL	D 6	2312	2436	X 210 Cr W 12
•ORVAR 2 ROSAPERM 13	67	US-ULTRA 2	SPG-EXTRA V	H 13	2242	2344	X 40 Cr Mo V 51
•UHB 368	368						
•QRO 45		WMD EXTRA		H101Co			
•QRO 80							
•UHB 29	29	SR EXTRA Mo	SS 652	M2	2722	3343	S 6-5-2
•ASP 23	ASP 23			M3:2		3344	S 6-5-3
•ASP 30	ASP 30						
•ASP 60	ASP 60						
★UHB 20	4	ETD	ETD	W1	1880	1540	
★SR 1855	15	EXTRA SC	PECO		2092	2108	90 Cr Si 5
★S 7							
★REGIN 3	18	MY-EXTRA	TENIT W	S1	2710	2542	45 W Cr V 7
★RIGOR	65	SPECIAL K 5	CRD ESPECIAL	A2	2260	2363	X 100 Cr Ma V 51
★SVERKER 21	364	SPECIAL KNL	CR D ESPECIAL	D 2	2310	2379	X 155 Cr V Mo 121
★UHB 11		EMS - 45	SP6 - W	1148	1650	1730	C 45 W 3
★FORMAX					2172		
★STAVAX ESR	512	WKW - 4	WD	420		2083	X 42 Cr 13
★ALVAR						2328	45 Cr Mo V 7
* TIRFING				S 5			
*CHIPPER	357					2361	X 50 Cr Mo W 911
*PORTAX						2312	
*FERMO							

. CALIDADES ESTÁNDAR DE NUESTRO STOCK LOCAL

* CALIDADES STANDARD DE STOCK EN SUECIA

* CALIDADES ESPECIALES PARA LAS QUE SE REQUIEREN CANTIDADES
MINIMAS

Tabla de conversión

Marca	Marca	SAE	DIN
Casa Denk	Styria		
ACEROS RAPIDOS			
Super rapid extra	Mammut especial	T1	S 18-0-1
CC	Panther ultra	T6	S 18-1-2-10
-----	779		~ S 18-1-2-15
Super rapid extra 500	Panther extra especial	T4	S 18-1-2-5
CC 55 N	Panther 750 especial		S 12-1-4-5
SRE MO	SS 652	M2	S 6-5-2
More V 30	SS 653	M3	S 6-5-3
More 1200	1200 Ultra	M6	S 10-4-3-10
-----	1244 Ultra		-----
More 500	Panther extra 655	M35	S 6-5-2-5
ACEROS PARA TRABAJAR EN CALIENTE			
W 100	WKZ	EWP x	H21 X30WCrV9 3
W 103	WPN	EWP 398	~X30WCrNiV9 3
W 108	WCO	Y 1125	X45CoCrWV 555
W 300	US Ultra	SPG Extra	H11 X38CrMoV5 1
W 302	US Ultra 2	SPG Extra V	H13 X40CrMoV5 1
W 304	US Ultra 4	SPG Especial W	H12 X37CrMoW5 1
W 320	WMD	WKM 33	H10 X32CrMoV3 3
W 321	WMD Extra	WKM 33 Especial	X32CrMoCoV 333
W 322	MPD	DGM	-----
W 600	L 2702	AWS	21MoNi 33 12
ACEROS PARA CORTAR EN FRIO Y CALIENTE			
K 300	Especial K 8	Y 1120	~X50CrMoW 9 11
K 301	-----	CRS 815 W	~X50CrMoW 9 11
K 306	US Ultra 2 H	SPG Extra V H	~X50CrVMo 5 1
ACEROS INDEFORMABLES			
K 720	MST	Constant Especial	02 90 Mn V 8
ACEROS PARA TRABAJAR EN FRIO			
K 100	Especial K	Cromo Especial	X210Cr12
K 103	Especial KRS	Cromo Especial Supra S	D6 X205CrWMoV12 1
K 105	Especial KNL	CRD Especial	D2 X165CrNiW18 9
K 107	Especial KR	Cromo Especial B	D3 X210CrW12
K 190	K 190 Isomatrix PM	K 190 Isomatrix PM	-----
K 200	K 150	GBK	-----
K 201	-----	ECR 2	L3 85Cr7
K 244	-----	PECO	~64SiCr5
K 245	-----	K 245	62SiMnCr4
K 460	Amutil S	SWS	01 100MnCrV4
K 507	MYAH	-----	61CrSiV5
K 510	CV	SCV	115CrV3
K 600	MWM	LBSN	X45NiCrMo4
K 605	MBS	MP	~50NiCr13

Marca Boehler	Marca Casa Denk	Marca Styria	SAE	DIN
K 630	V 6 N	P973		85NiV4
K 721	-----	ESPA	S4	-----

ACEROS PARA MATRICES DE PLASTICO

M 130	EPB Extra W	BN4 Especial		X19NiCrMo4
M 201	-----	M 201		40CrMnMo7
M 210	Plastik K456	K 456		62SiMnCr4
M 310	WKW 4	RS 1 K		48CrMoV67
P 906	-----	BSP		-----

ACEROS PARA HERRAMIENTAS NEUMATICAS, CORTAFRIOS Y CUCHILLAS

K 450	M Y Extra	Tenit W Especial	S1	45WCrV7
K 455	KLD	Tenit KL Especial	(7260)	60WCrV7
K 511	L 2204	CV 3M		~48CrV3

ACEROS AL CARBONO PARA HERRAMIENTAS

K 760	-----	EZH Especial		C100V1
K 990	Extra Tenaz Duro	ETD	W1	C105W1

ACEROS PARA ESTAMPAS

W 500	GNME	NHP Especial	L6	56NiCrMoV7
W 501	GNM	NHP		55NiCrMoV6
W 502	-----	LHP		~35NiCrMo16

ACEROS INOXIDABLES AL CROMO, RESISTENTES AL AGUA

N 100	Antinit KW10	RSW	51.410	X10Cr13
N 320	Antinit KW 20	RS 2 W	51.420	X20Cr13
M 350	Antinit KWB	RSNW	51.431	~X22CrNi17
N 351	-----	RSN	~51.431	~X22CrNi17
N 530	Antinit KW30	RS2	~51.420	X30Cr14
N 540	Antinit KW40	RS1	~51.420	X40Cr13
N 685	Antinit KW80	RK 15 N	~440 B	X90CrMoV18
N 688	-----	RKH	~440 C	X90CrCoMoV17
N 690	Antinit KW100	N 690	~440 C	X105CrCoMo18 2

ACEROS INOXIDABLES AL CROMO-NIQUEL, RESISTENTES A LOS ACIDOS

A 120	Antinit AS4W	RA 1	30.316	X5CrNiMo18 10
A 200	Antinit EAS 4	RA 1L		X2CrNiMo18 10
A 500	Antinit AS 2W	RAW	30.304	X5CrNi18 9
A 505	~Antinit AS 2W	~RAW		~X5CrNi18 9
A 600	~Antinit EAS 2	~RAW L		~X2CrNi 18 9
A 604	Antinit EAS 2	RAW L		X2CrNi18 9

ACEROS INOXIDABLES RESISTENTES A ALTAS TEMPERATURAS

H 525	Antitherm FFB	RAF	30.314	X15CrNiSi25 20
-------	---------------	-----	--------	----------------

Marca Boehler	Marca Casa Denk	Marca Styria	SAE	DIN
ACEROS DE CONSTRUCCION ESPECIAL PARA VALVULAS				
H 700	SIC	VKS		~X45CrSi9 3
ACEROS DE CONSTRUCCION ESPECIAL PARA COJINETES				
R 100	W 150	KLS	52.100	~100 Cr 6
ACEROS DE CONSTRUCCION ESPECIAL PARA NITRURACION				
V 800	---	ACM		41CrAlMo7
V 810	ACE	ACMN		34CrAlMo5
V 820	ACN	ACNI		34CrAlNi7
ACEROS DE CONSTRUCCION ALEADOS DE REFINACION				
V 155	VCN 150	VNC 15		34CrNiMo6
V 214	AENC	VCN	3435	31NiCr14
V 228	---	NHHx	3140	40CrNi6
V 320	VCL 140	CMH	4140	42CrMo4
ACEROS DE CONSTRUCCION ALEADOS DE CEMENTACION				
E 200	E S Especial	NW 3	~3312	14NiCr14
E 208	---	ENC 3	3310	14NiCr14
E 212	---	EBA 3	3415	14NiCr14
E 230	ECN 150	ENC 15	~3115	15CrNi6
E 234	---	EBA 1	3115	~13NiCr6
E 300	ECL 100	E 100		20CrMo5
E 410	EB 80	M 80	5115	16MnCr5
E 115	---	EBA 20	8620	21 Ni Cr Mo 2
ACEROS PARA RESORTES Y ELASTICOS				
F 108	---	MSH 2	9260	~60Si7
F 180	SPN	FLEX	~1052	50Mn7
F 200	---	CSF		67SiCr5
ACEROS DE CONSTRUCCION AL CARBONO-CROMO				
V 520	---	CR 6	5045	~46Cr2
V 945	H	G7	1045	CK45
ACERO PLATA DIN 175				
K 405	WV	EWS 1		120WV4
K 990	USS	US	WIC Extra	---
ACERO PARA USOS ESPECIALES				
K 700	CHRONOS	EM 12		X115Mn14