

ACEROS INOXIDABLES COMPLEMENTO

METALURGIA FISICA – 2015
TECNOLOGO MECÁNICO

ACEROS INOXIDABLES

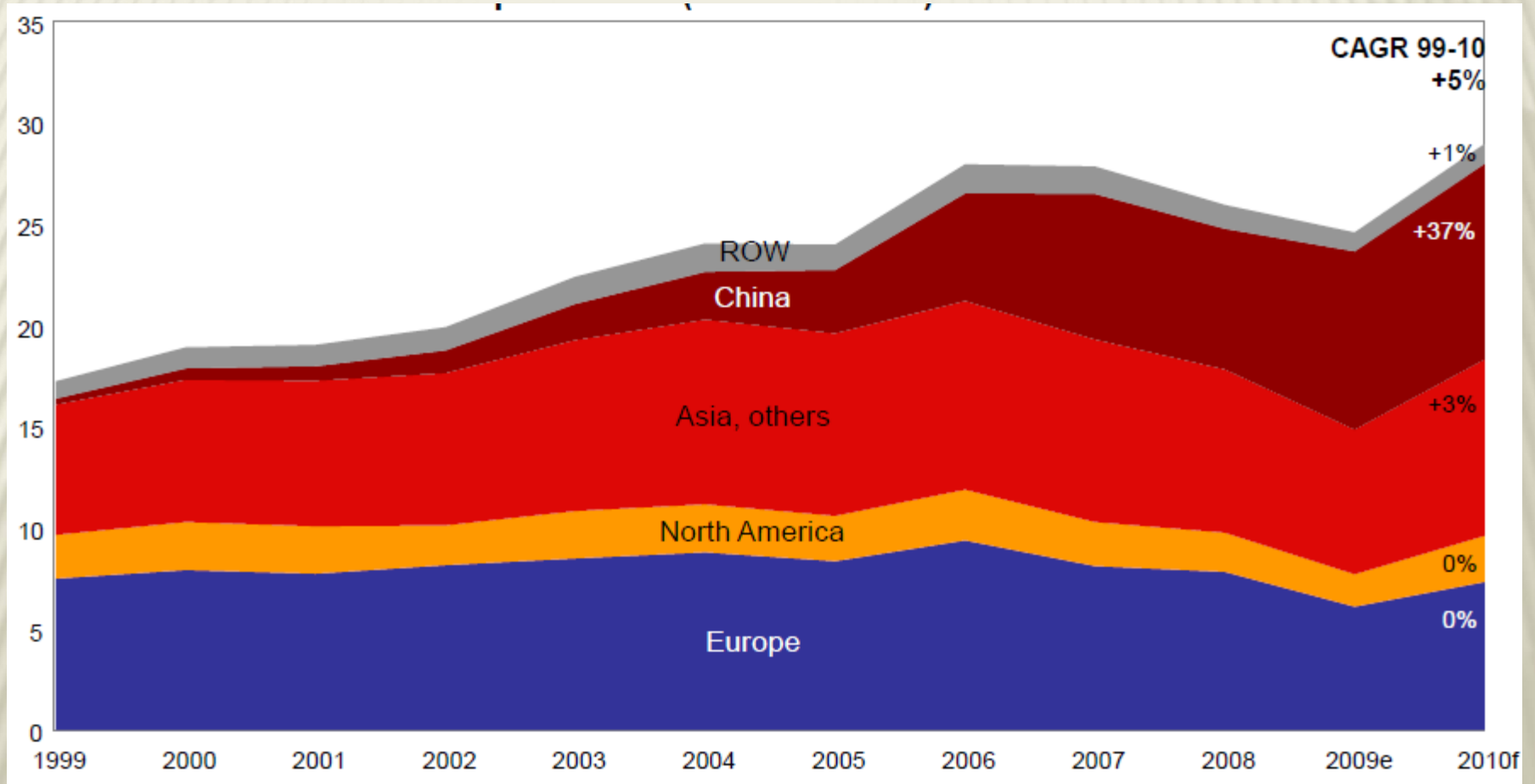
Aleaciones de:

- × Fe - C
- × Cr
- × Otros elementos

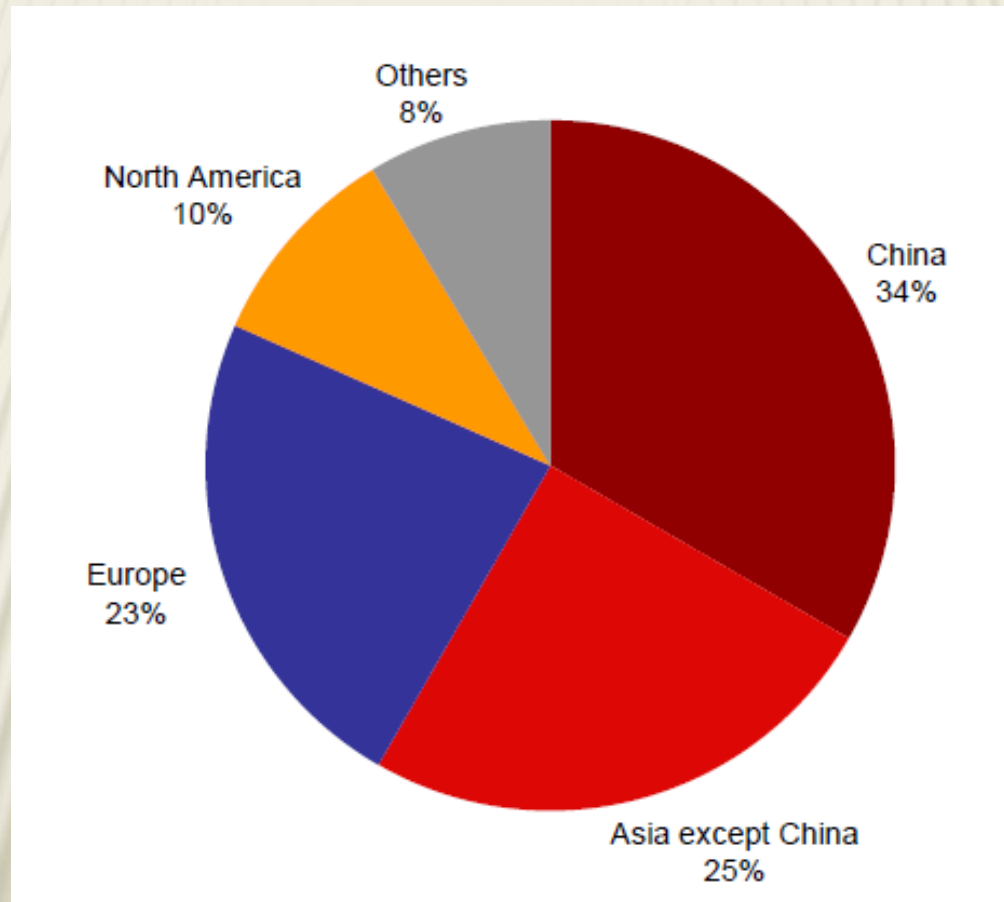
HISTORICO

- ✘ 1904 – 1909 Primeros estudios publicados por metalurgistas franceses y alemanes. Estos ya clasificaban los aceros en austeníticos, ferríticos y martensíticos.
- ✘ 1910 – 1915 Uso industrial de los aceros inoxidable en Alemania e Inglaterra.
- ✘ 1940 Se publican investigaciones sobre el rol de los elementos de aleación que lideró el desarrollo de los aceros de endurecimiento por precipitación.
- ✘ 1960 Desarrollo comercial de los aceros austeno ferríticos.
- ✘ 1968 Importante desarrollo a través del proceso de decarburación por argón-oxígeno (AOD)

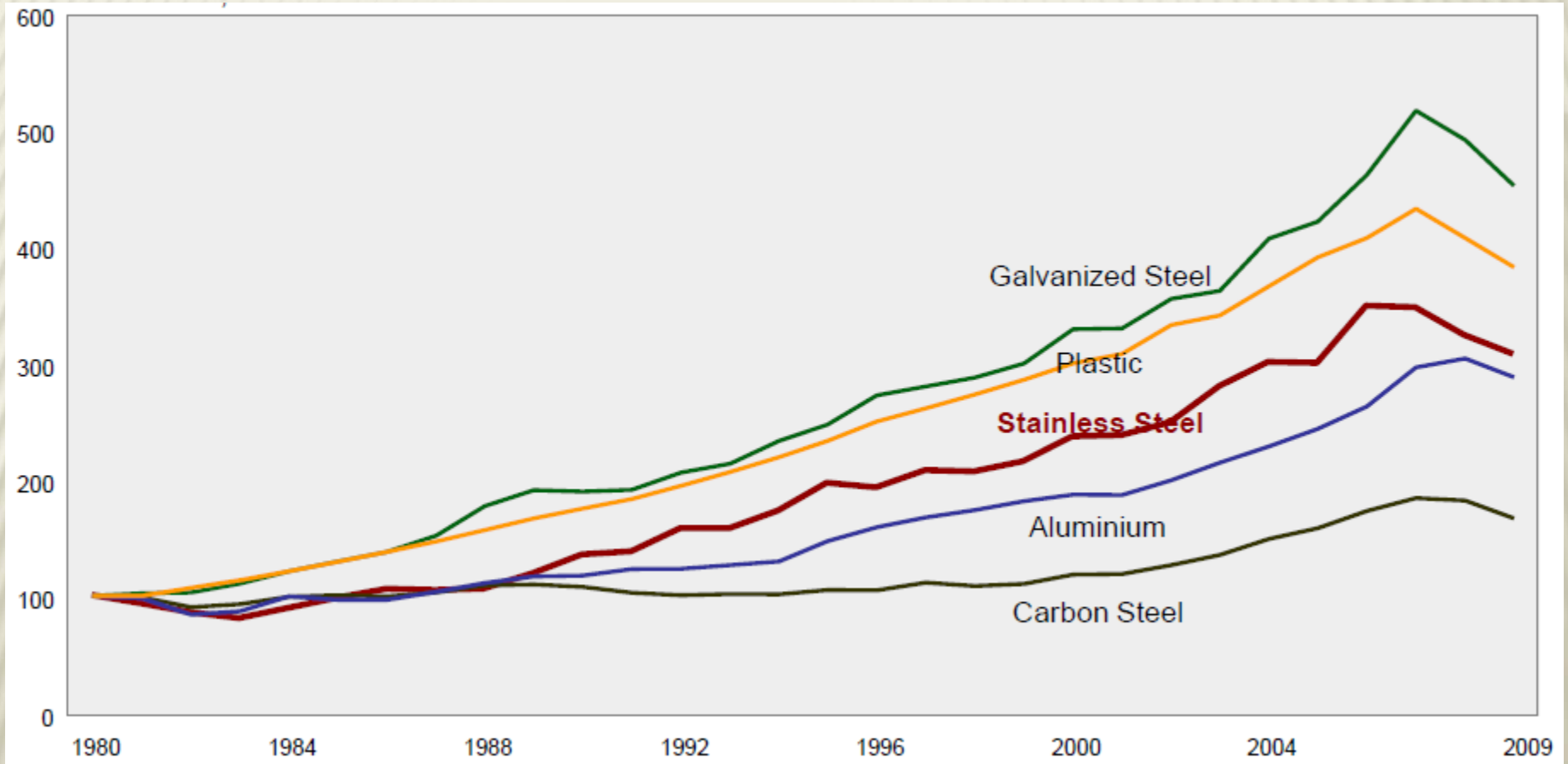
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEROS INOXIDABLES (x 10⁶ TON)



CONSUMO DE AC. INOXIDABLE EN 2009 (EN 25×10^6 TON)



EVOLUCIÓN COMPARATIVA DE LOS AC. INOXIDABLES CON OTROS MATERIALES



IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS APLICACIONES

Equipamiento industrial

Plantas de potencia y químicas

34 %



Industria de comida y bebidas

18 %



Transporte

9 %

Arquitectura

5 %



Artículos de consumo

Aplicaciones domésticas

28 %



Aplicaciones eléctricas y electrónicas

6%

APLICACIONES CON ACEROS INOXIDABLES

INDUSTRIAS QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

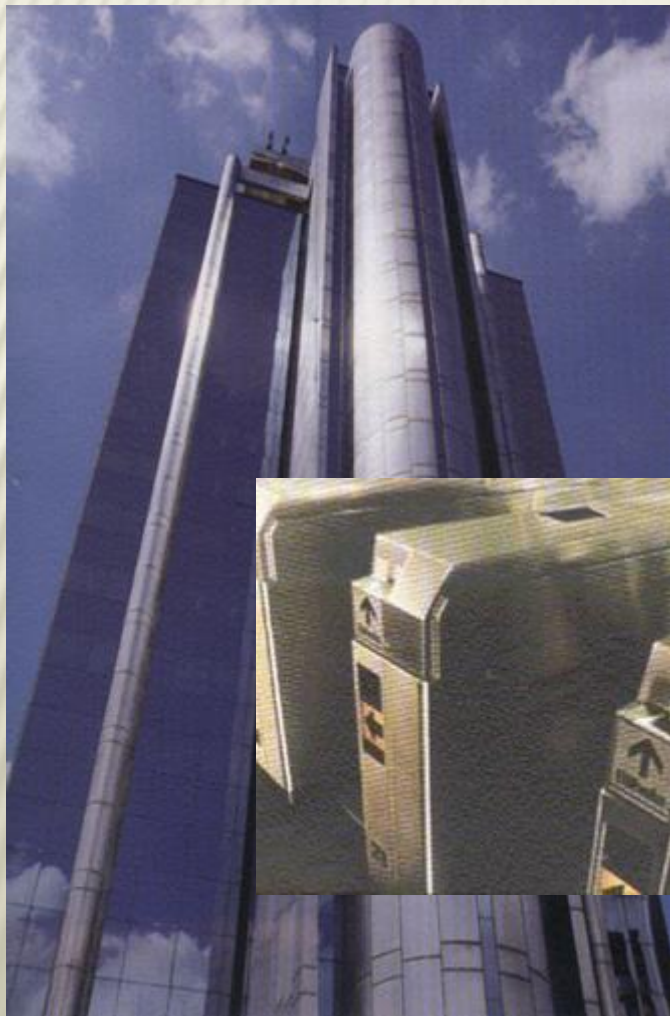


APLICACIONES CON ACEROS INOXIDABLES

INDUSTRIA ALIMENTICIA



APLICACIONES CON ACEROS INOXIDABLES DECORACIÓN Y ACCESORIOS

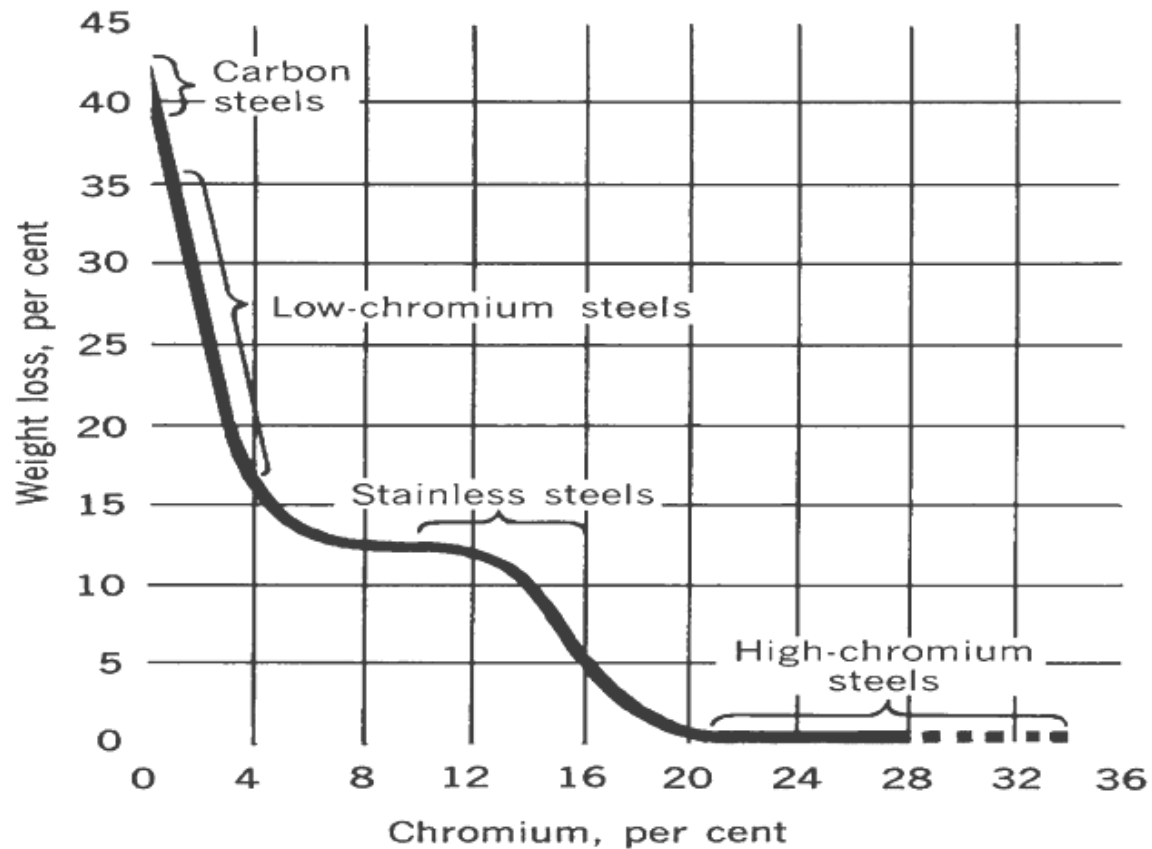


APLICACIONES CON ACEROS INOXIDABLES

DECORACIÓN Y UTENSILIOS



RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN DE LOS ACEROS A ALTAS TEMPERATURAS



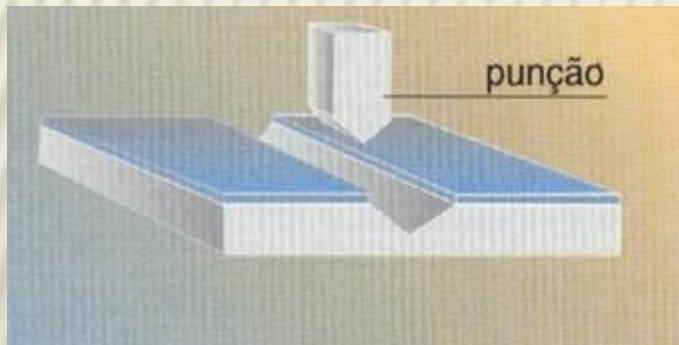
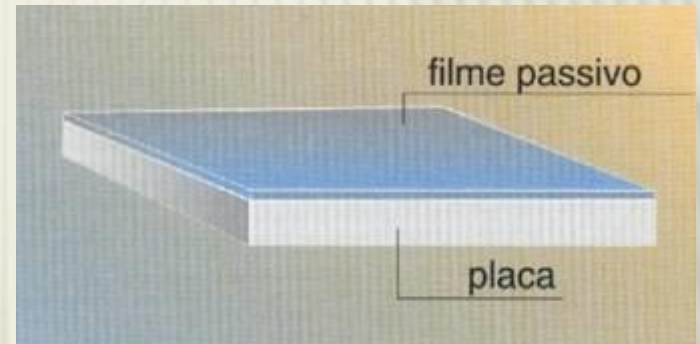
PELÍCULAS DE ÓXIDO

- Acero : $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{FeO}$
- Acero 2 Cr: $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{FeO} - \text{Fe/Cr óxido}$
- Acero 9 Cr: $\text{Fe}_2\text{O}_3 - (\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$
- Acero $> 18\text{Cr}$: Cr_2O_3

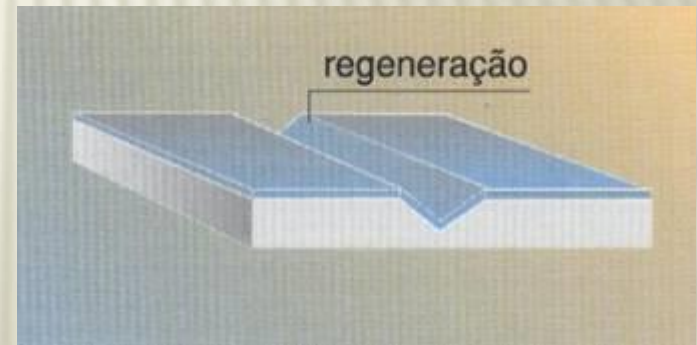
PELÍCULA PROTECTORA

- × Es una película impermeable que inhibe la reacciones químicas que se pueden dar impidiendo que los átomos reactivos difundan a través de ella, entonces se dice ésta película constituye una barrera de pasivación.

PELÍCULA PROTECTORA



Rotura mecánica de la película



Regeneración

CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS PROTECTORAS

- ✘ Alta estabilidad termodinámica de modo que su formación sea preferencial a otra reacción posible.
- ✘ Baja presión de vapor de modo que se forme como sólido y no se evapore.
- ✘ Relación de Pilling-Bedworth mayor que 1 de modo que el óxido cubra completamente toda la superficie del metal.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS PROTECTORAS - CONTINUACIÓN

- × Bajo coeficiente de difusión para las especies reactivas de modo de tener un lento crecimiento.
- × Alta temperatura de fusión
- × Buena adherencia al metal, lo cual también implica un coeficiente de expansión térmica lo más próximo al metal, y suficiente plasticidad a alta temperatura para resistir la diferencias de expansión a altas temperaturas.

CARACTERÍSTICAS DE SELECCIÓN Y DISEÑO

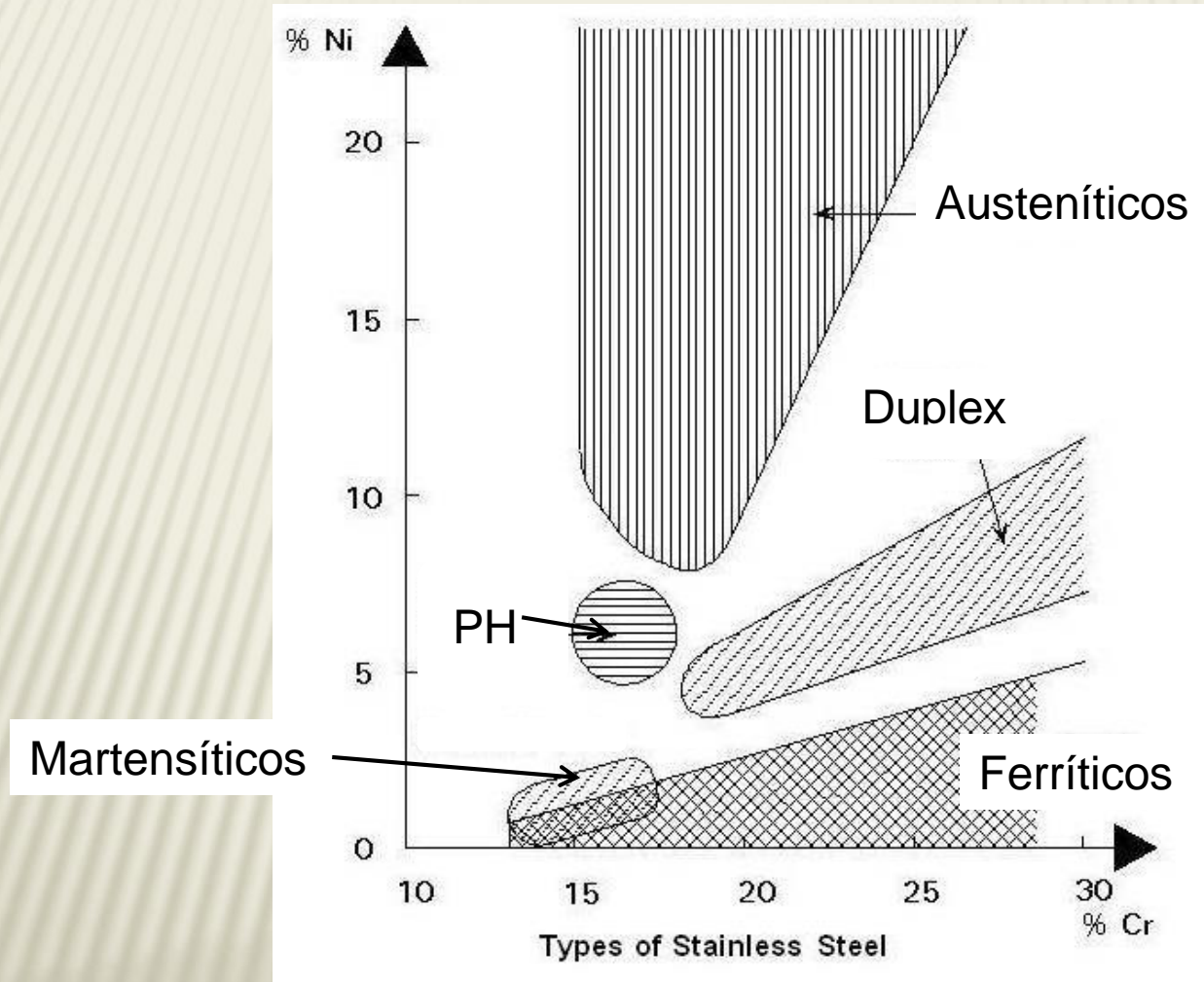
1. Resistencia a la corrosión y a la oxidación en relación con el medio y la temperatura
2. Propiedades mecánicas de acuerdo a las solicitaciones
3. Propiedades físicas
4. Propiedades tribológicas
5. Propiedades de trabajado
6. Soldabilidad
7. Características estéticas
8. Costos producción, fabricación, funcionamiento y mantenimiento

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

- × Ferríticos (Fe-Cr-C).
- × Martensíticos (Fe-Cr-C).
- × Austeníticos (Fe-Cr-Ni-C)
- × Austeno - ferríticos (Fe-Cr-Ni-C)

- × Aceros PH (Fe-Cr-Ni-Mo-Cu-Al-Ti-N)

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES



DESIGNACIÓN AISI

Austeníticos: serie 300 Ni (304-316-321-347)

serie 200 Mn (201, 202)

Ferríticos: serie 400 (430-409-405-439)

Martensíticos: serie 400 (410-420-440)

Duplex: 220-5-Alloy 255-7-Mo plus

PH: 15-5 PH-17-4 PH

DESIGNACIÓN UNS

UNS = Unified Number System

Numeración de 6 dígitos ej: S30400

S = stainless

304 = es la base del acero AISI 304

00 = coincide completamente con AISI 304

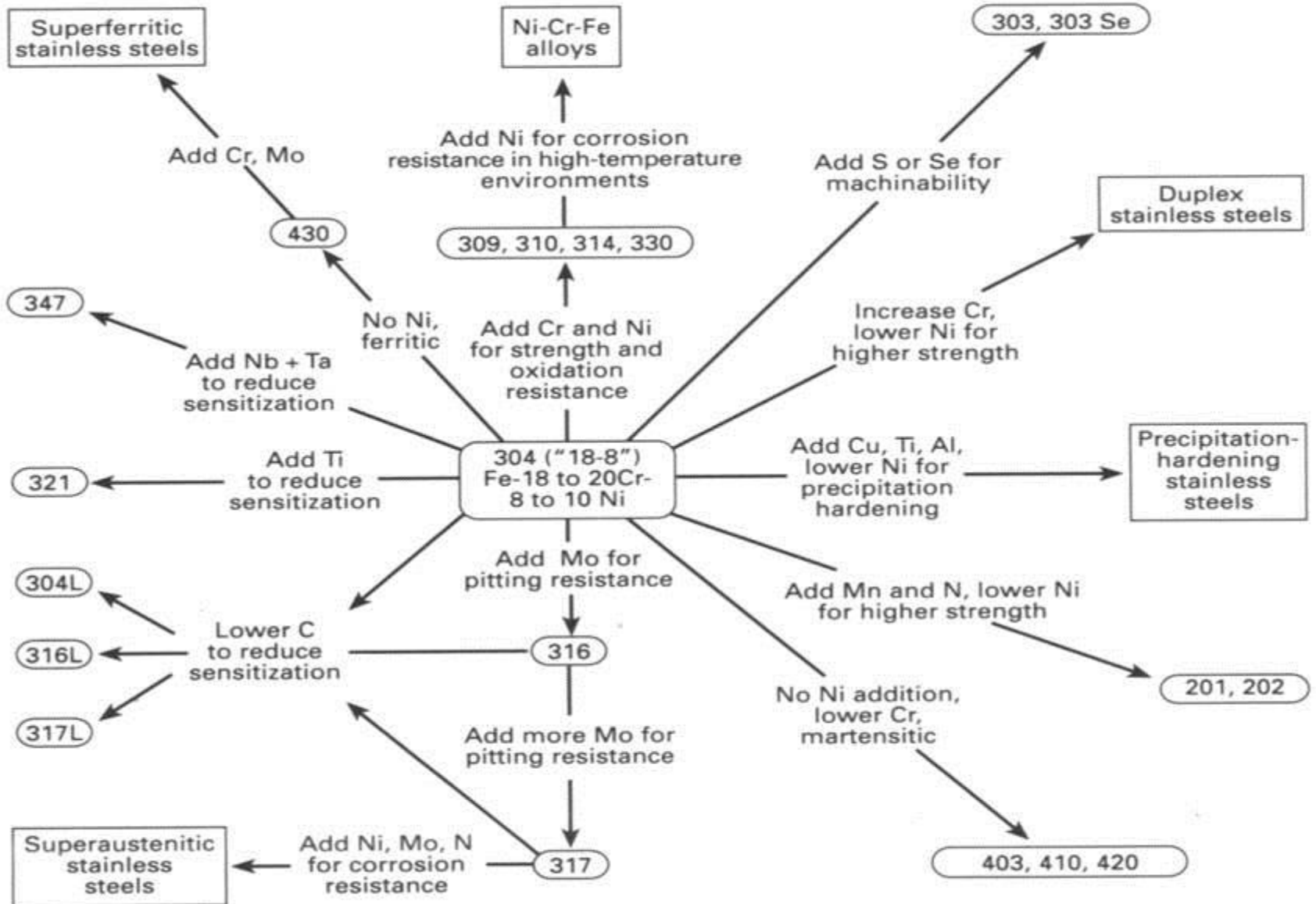
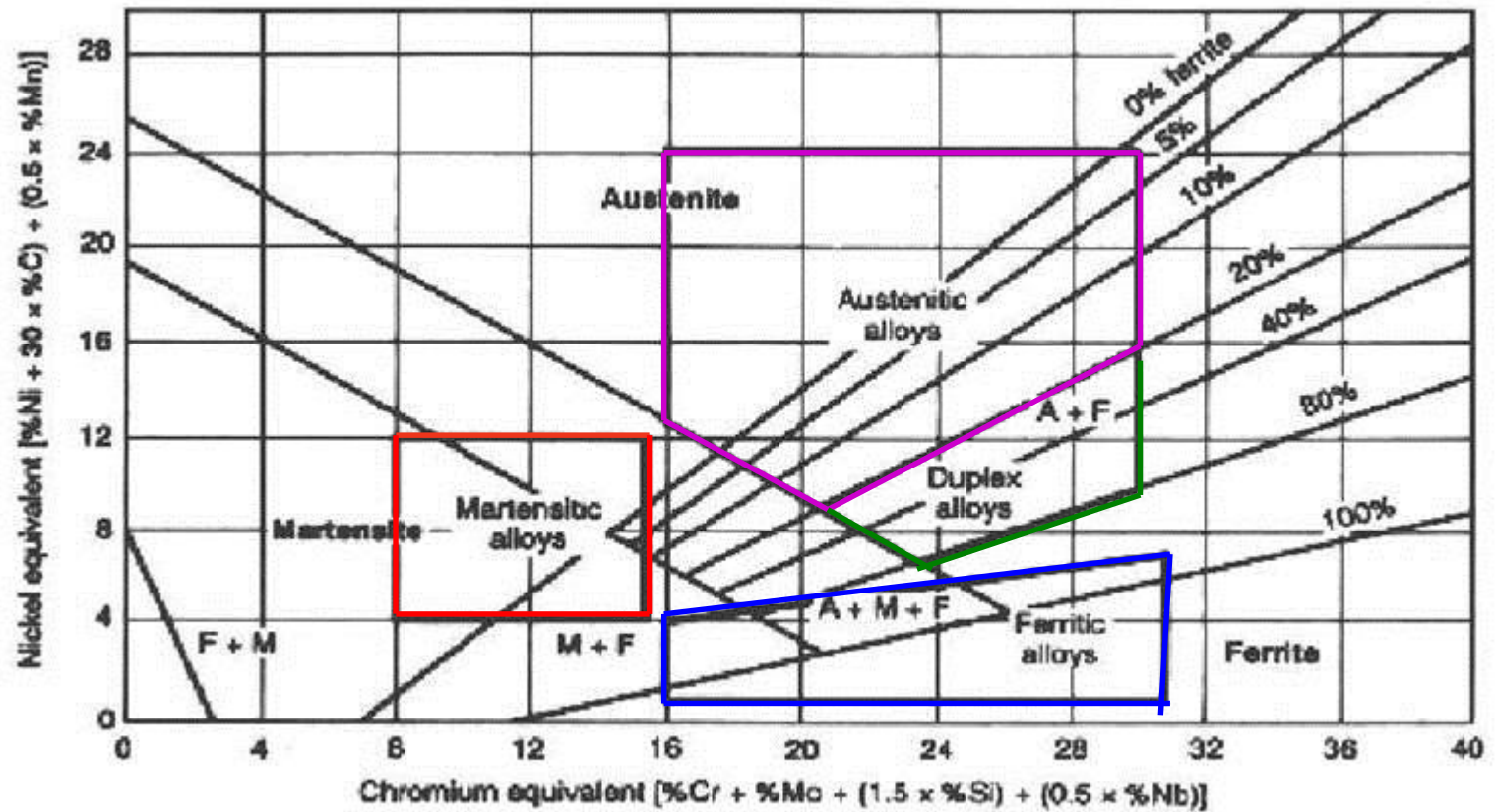
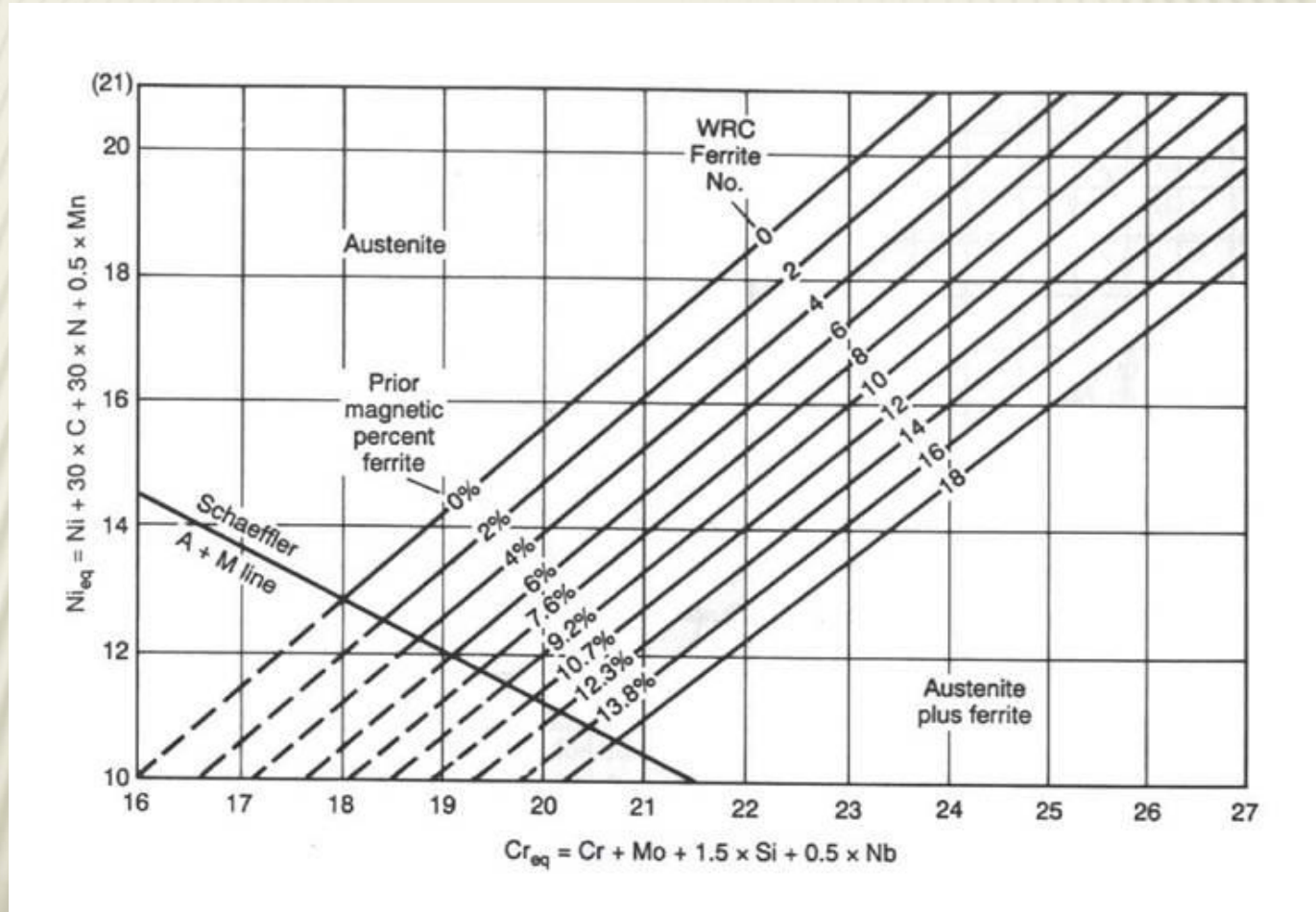


DIAGRAMA DE SCHAEFFLER



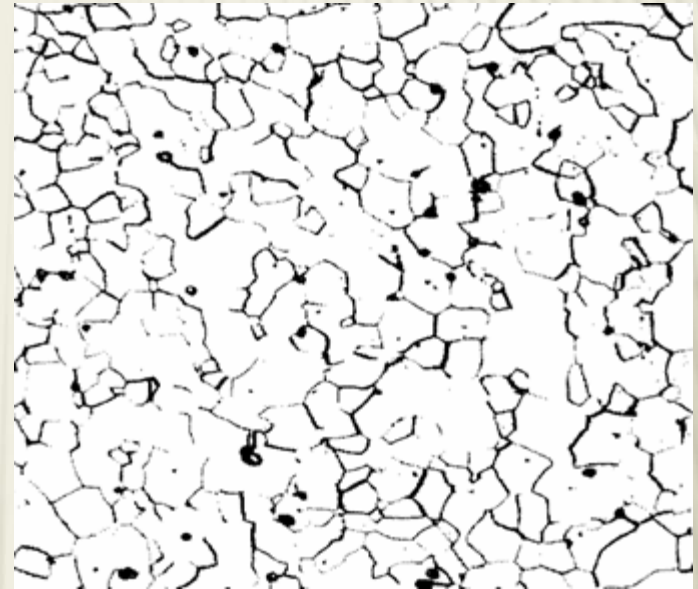
MODIFICACIÓN DE DE LONG



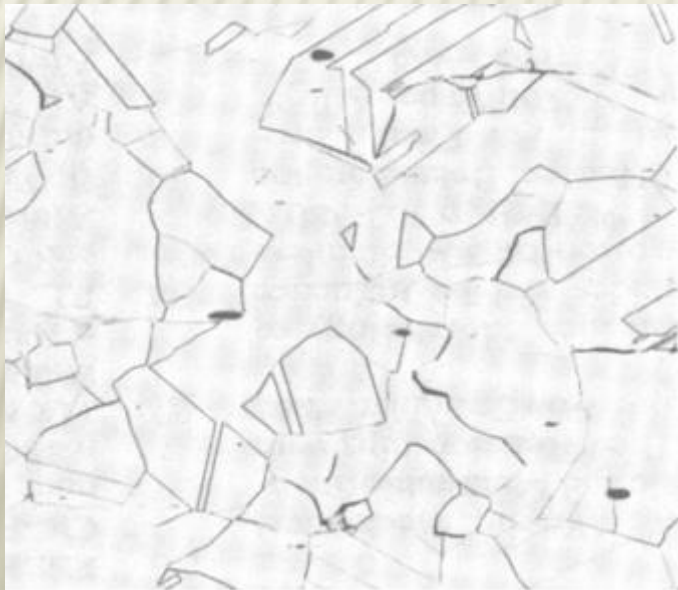
Martensita



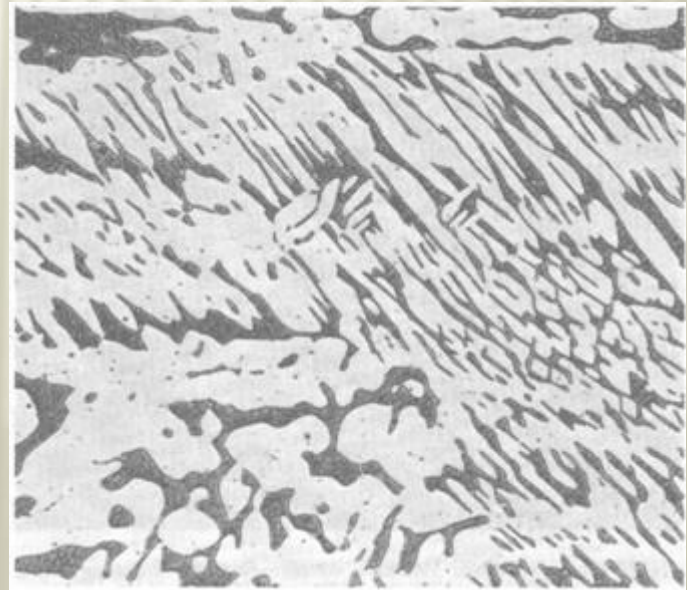
Ferrita



Austenita



Austenita + Ferrita



INOXIDABLES MARTENSÍTICOS

Son en gral. aceros templados y revenidos

Son ferromagnéticos de estructura bct

Durezas entre 20 y 60 HRC en función de C

Contenido de Cr limitado – R.Corr. Media

Buena resistencia al desgaste

AISI 410 (S41000) (12% Cr, 0.15% C)

AISI 420 (S42000) (14% Cr, 0.15 % C)

AISI 440A (S44002) (17% Cr, 0.7 % C)

FAMILIA MARTENSÍTICA

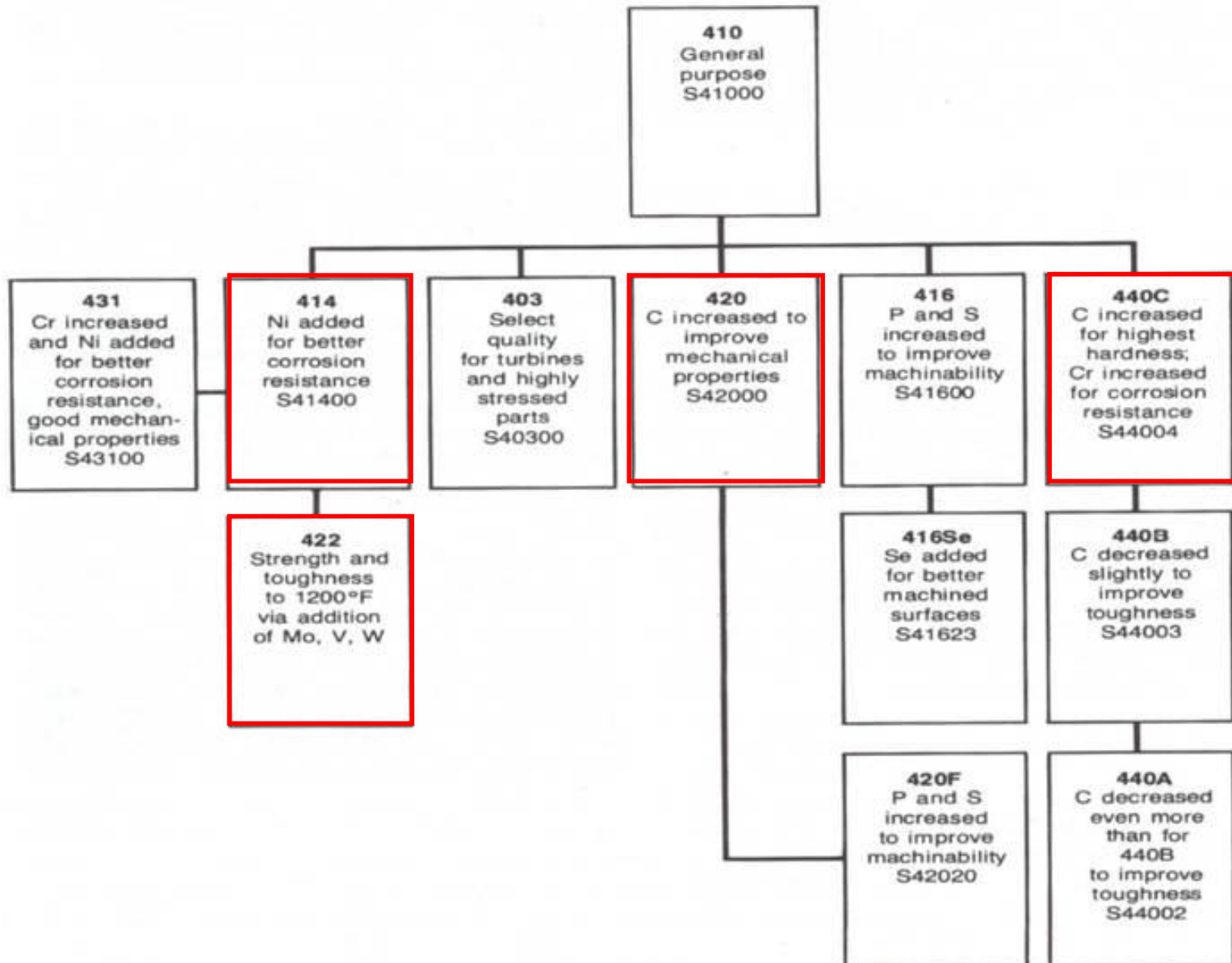
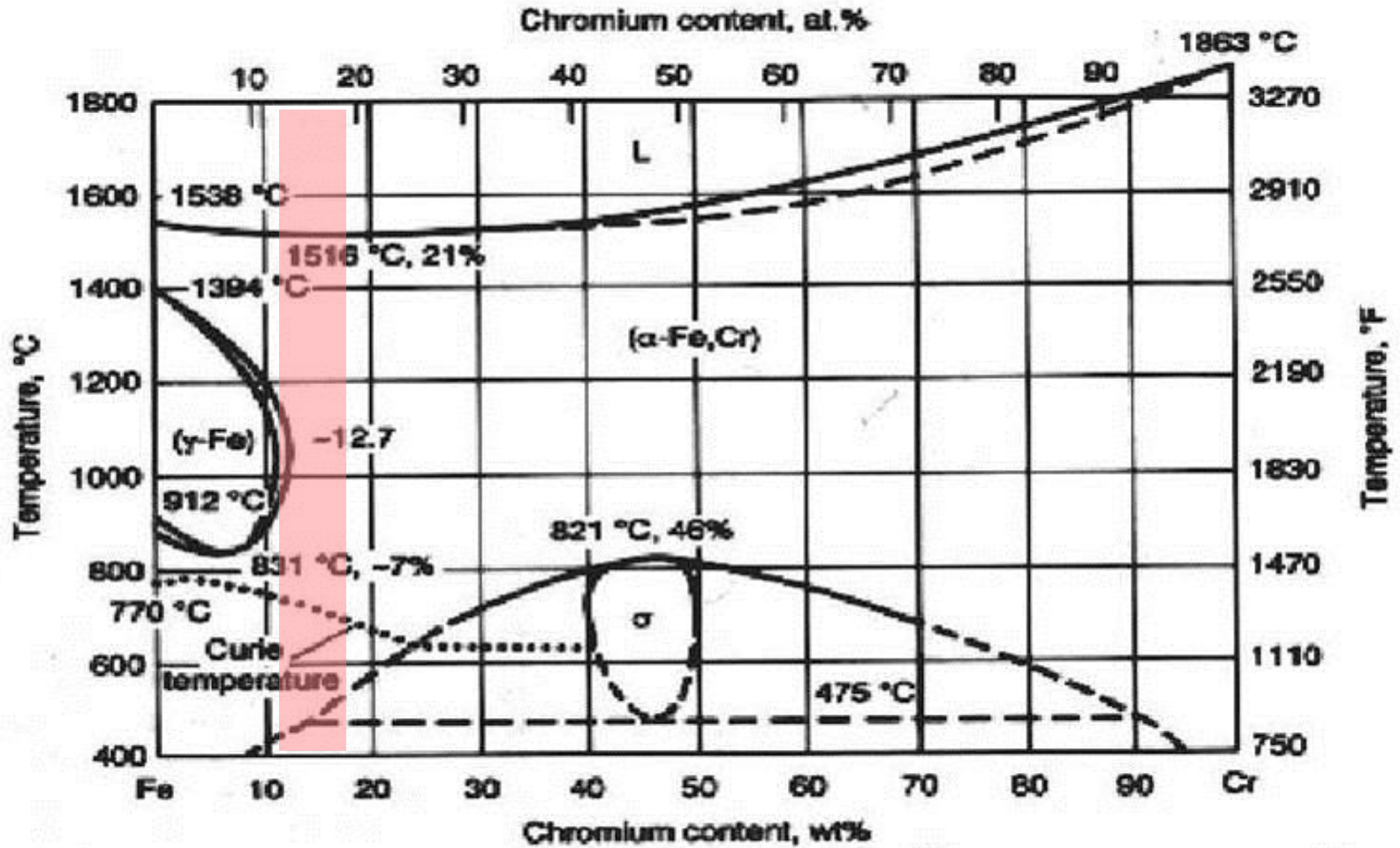


DIAGRAMA FE - CR



σ

LF

Fe-Ni

DIAGRAMA FE - CR - C

13 % CR

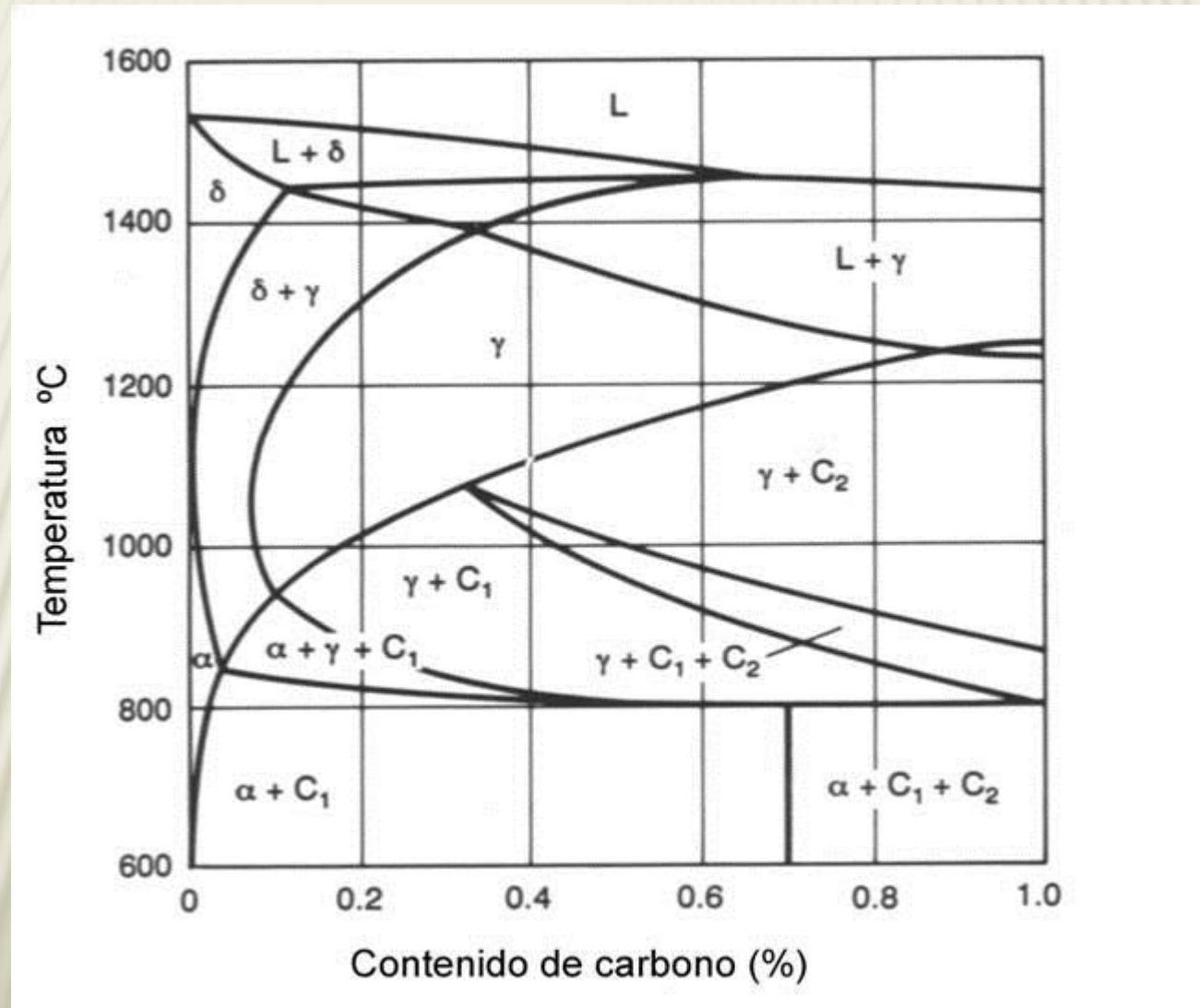
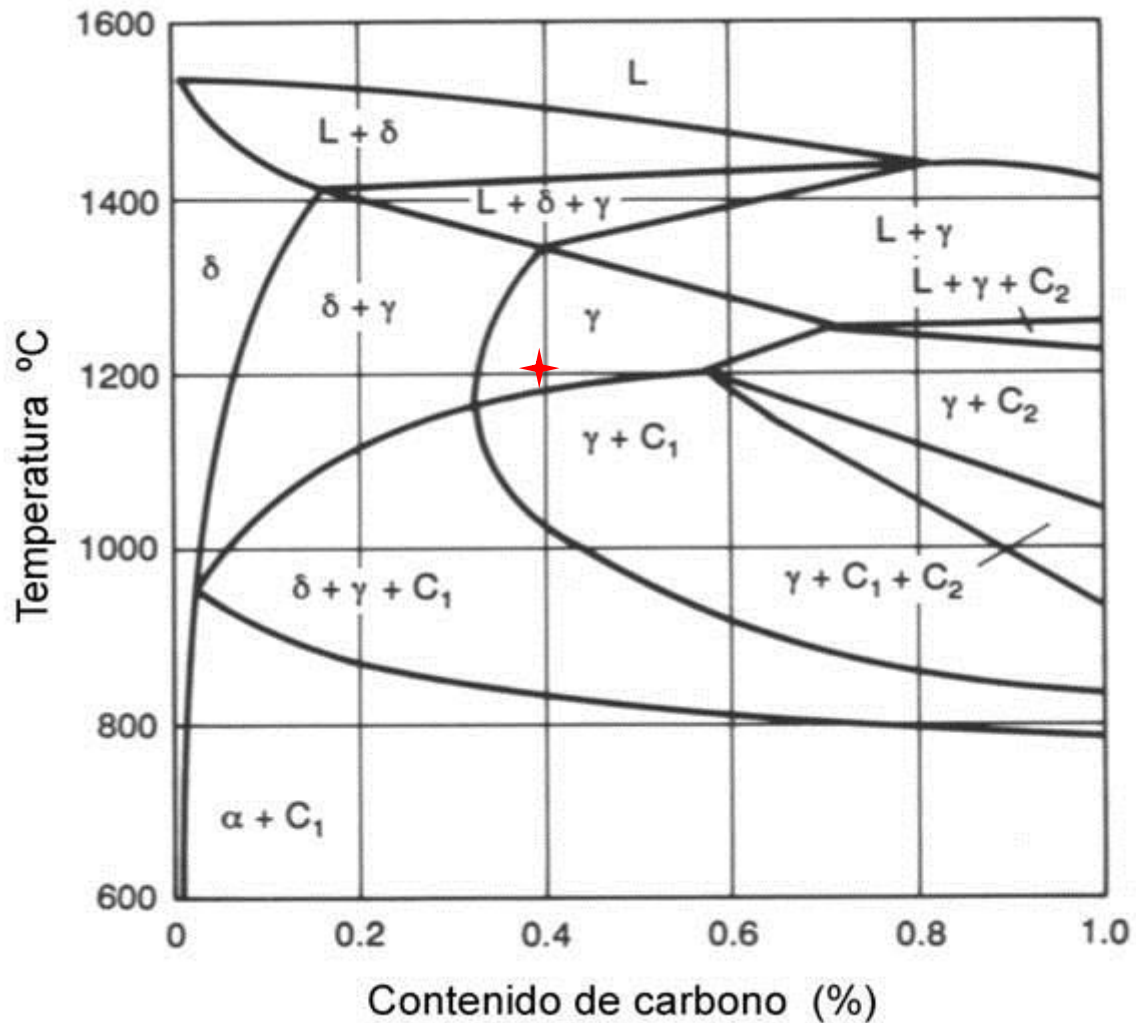
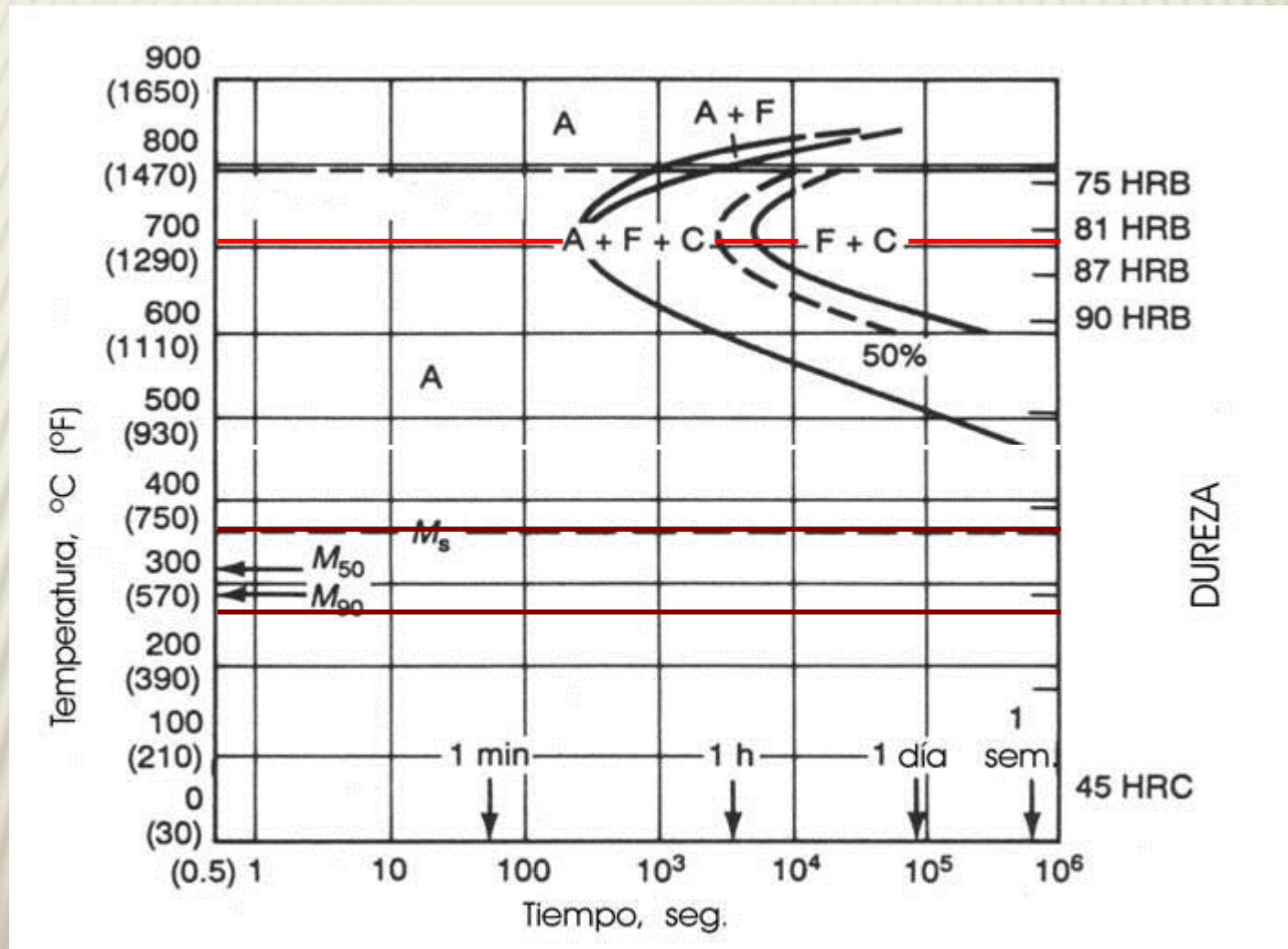


DIAGRAMA FE - CR - C

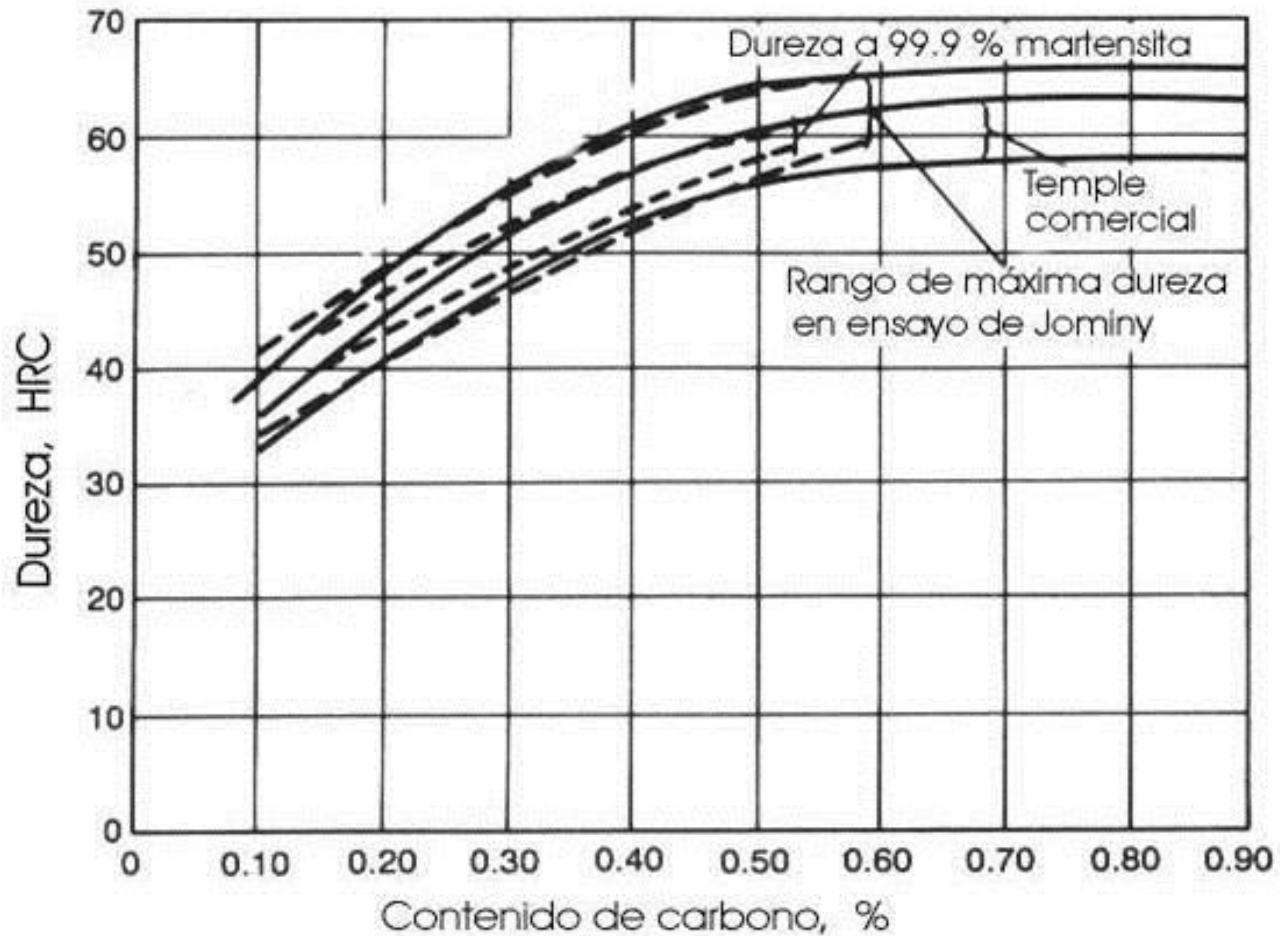
17 % CR



OBTENCIÓN DE MARTENSITA (AISI 410)



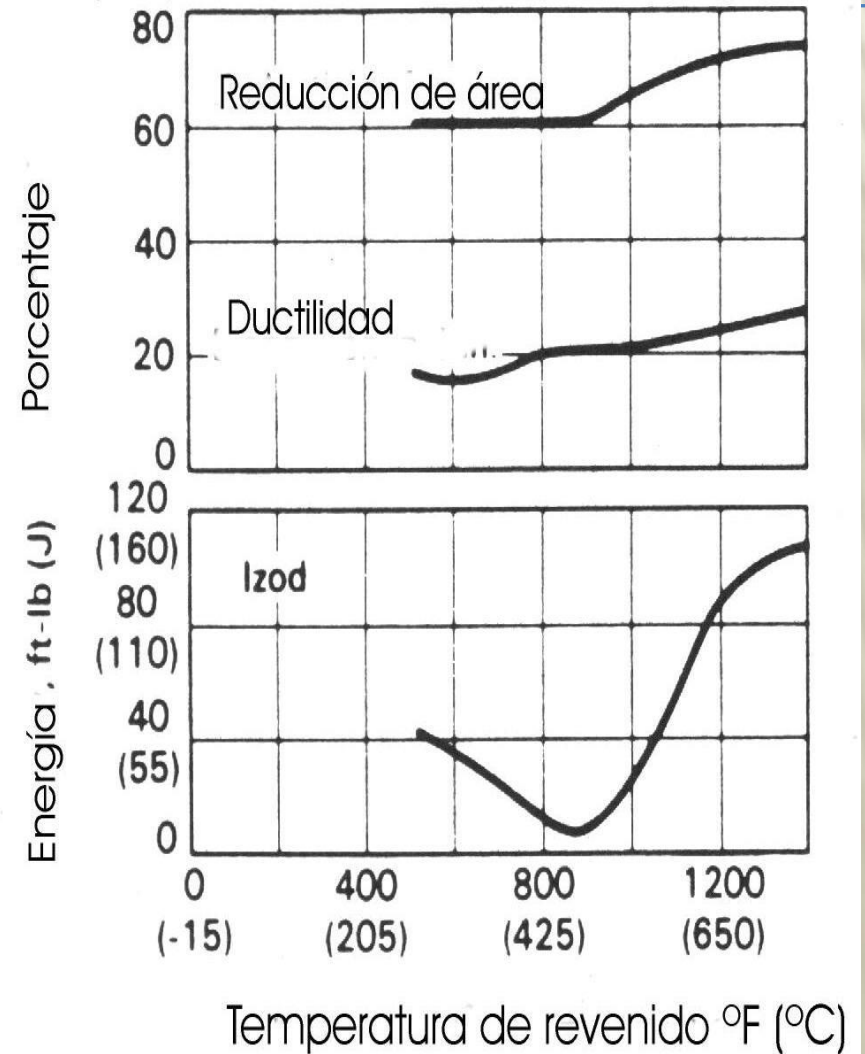
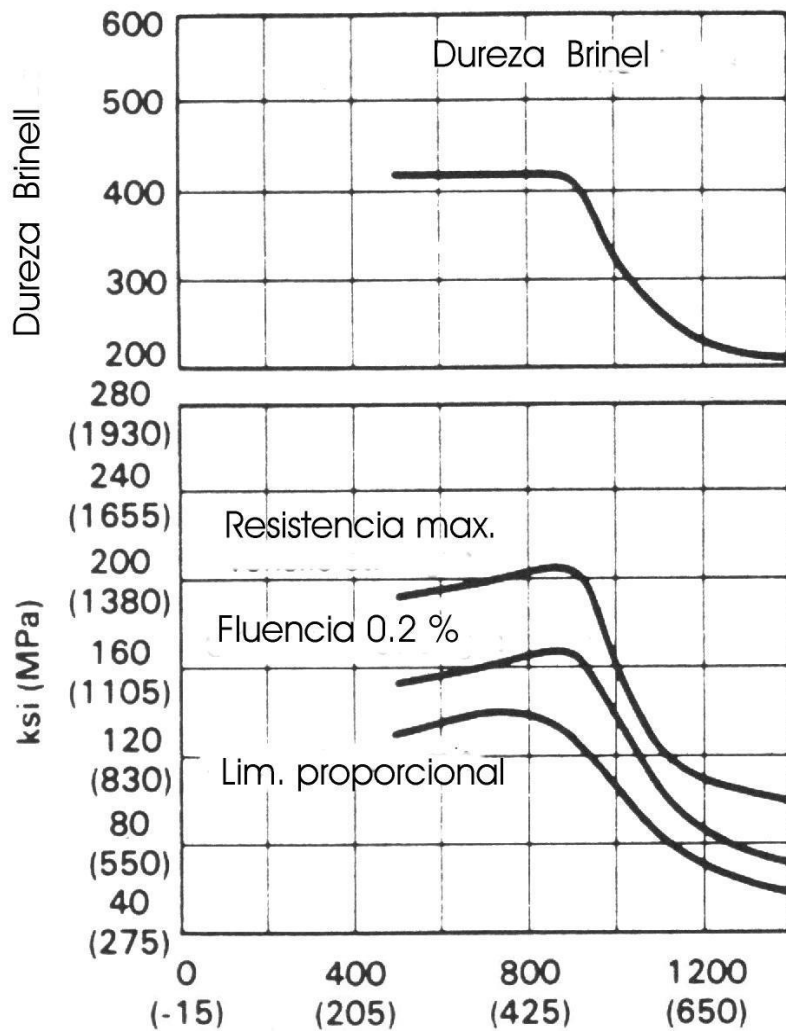
PROPIEDADES DE LA MARTENSITA



USOS

1. Turbinas de vapor
2. Motores de reacción
3. Turbinas de gas
4. Cuchillería
5. Partes de válvulas
6. Engranajes, ejes y rodamientos

INFLUENCIA DEL REVENIDO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS AUSTENIZADO A 925° C POR 30 MIN.



Temperatura de revenido °F (°C)

LIMITACIONES DE LOS MARTENSÍTICOS

- × Fragilización por revenido
- × Conformación
- × Soldabilidad

INOXIDABLES FERRÍTICOS

Aleaciones ferromagnéticas de estructura bcc

Contenidos de Cr entre 11 y 30 %

En gral. muy bajo contenido de C

Baja dureza y resistencia buena trabajabilidad

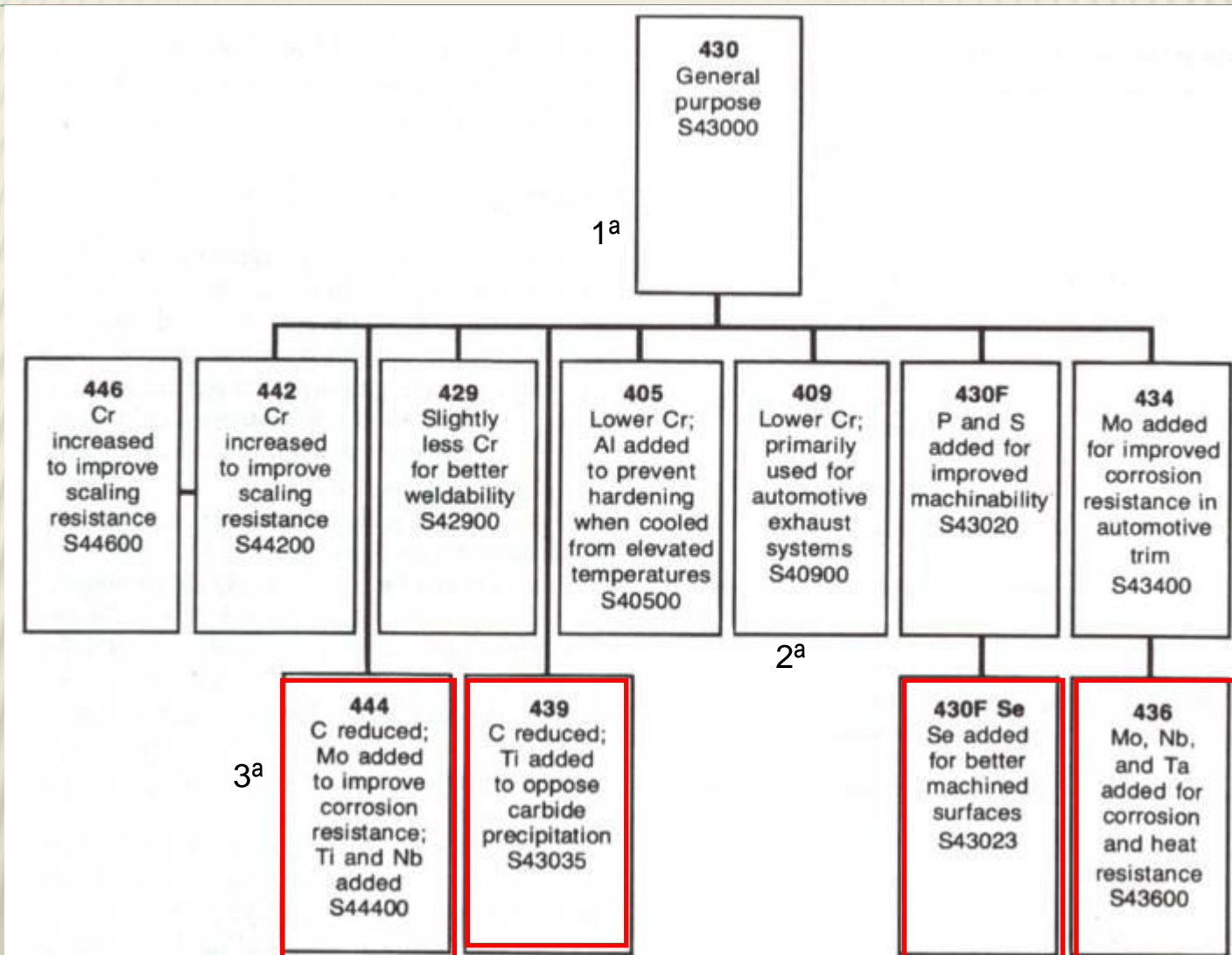
R.Corr. en función del contenido de Cr

AISI 409 (S40900) (11% Cr, 0.03 % C)

AISI 430 (S43000) (17% Cr, 0.12% C)

AISI 441 (S44100) (18% Cr, 0.02 % C)

FAMILIA FERRÍTICA



ESTRUCTURA FERRÍTICA

Indice de Kaltenaüser

Schaeffler

$$\text{IK} = [\% \text{Cr} + 6 \% \text{Si} + 4 \% \text{Mo} + 2 \% \text{Al}] \\ - [40 (\% \text{C} + \% \text{N}) + 2 \% \text{Mn} + 4 \% \text{Ni} + 2 \% \text{Cu}]$$

$$\text{IK} \geq 13$$

Para Fe - Cr - C - N

$$\text{Si } \text{C} + \text{N} = 0.2 \% \Rightarrow 40 \times 0.2 = 8 \% \Rightarrow \text{Cr} \geq 21\%$$

$$\text{Si } \text{C} + \text{N} = 0.025 \% \Rightarrow 40 \times 0.025 = 1 \% \Rightarrow \text{Cr} \geq 14\%$$



LIMITACIONES DE LOS FERRÍTICOS

- × Precipitación de carburos
- × Fragilización a 475 °C
- × Crecimiento de grano.
- × Fragilización-temperatura de transición
- × Formación de fase sigma

CINÉTICAS DE PRECIPITACIÓN

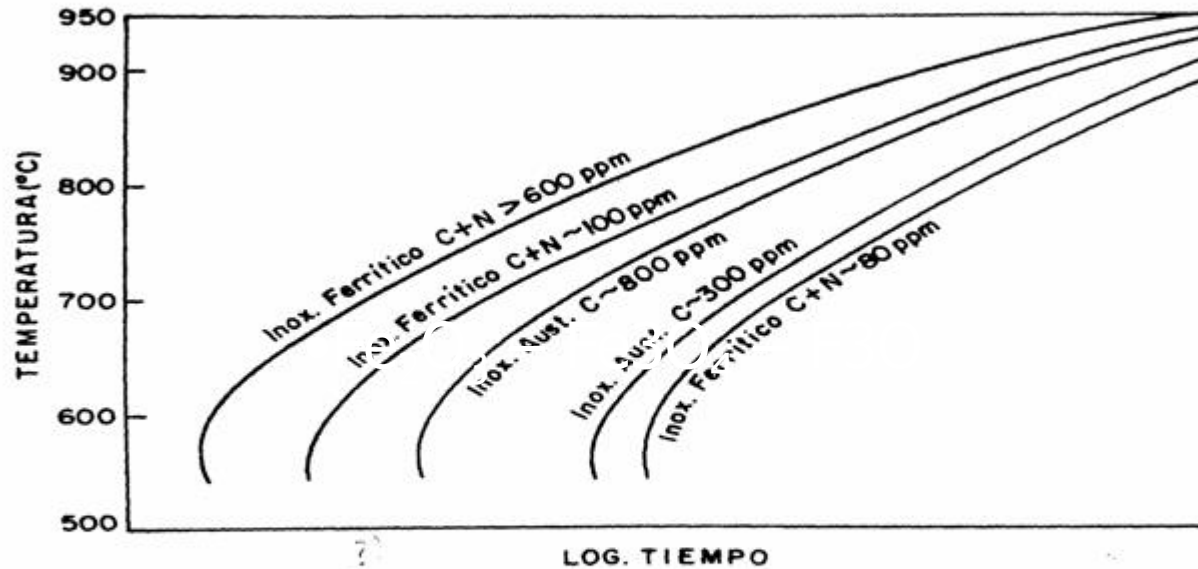
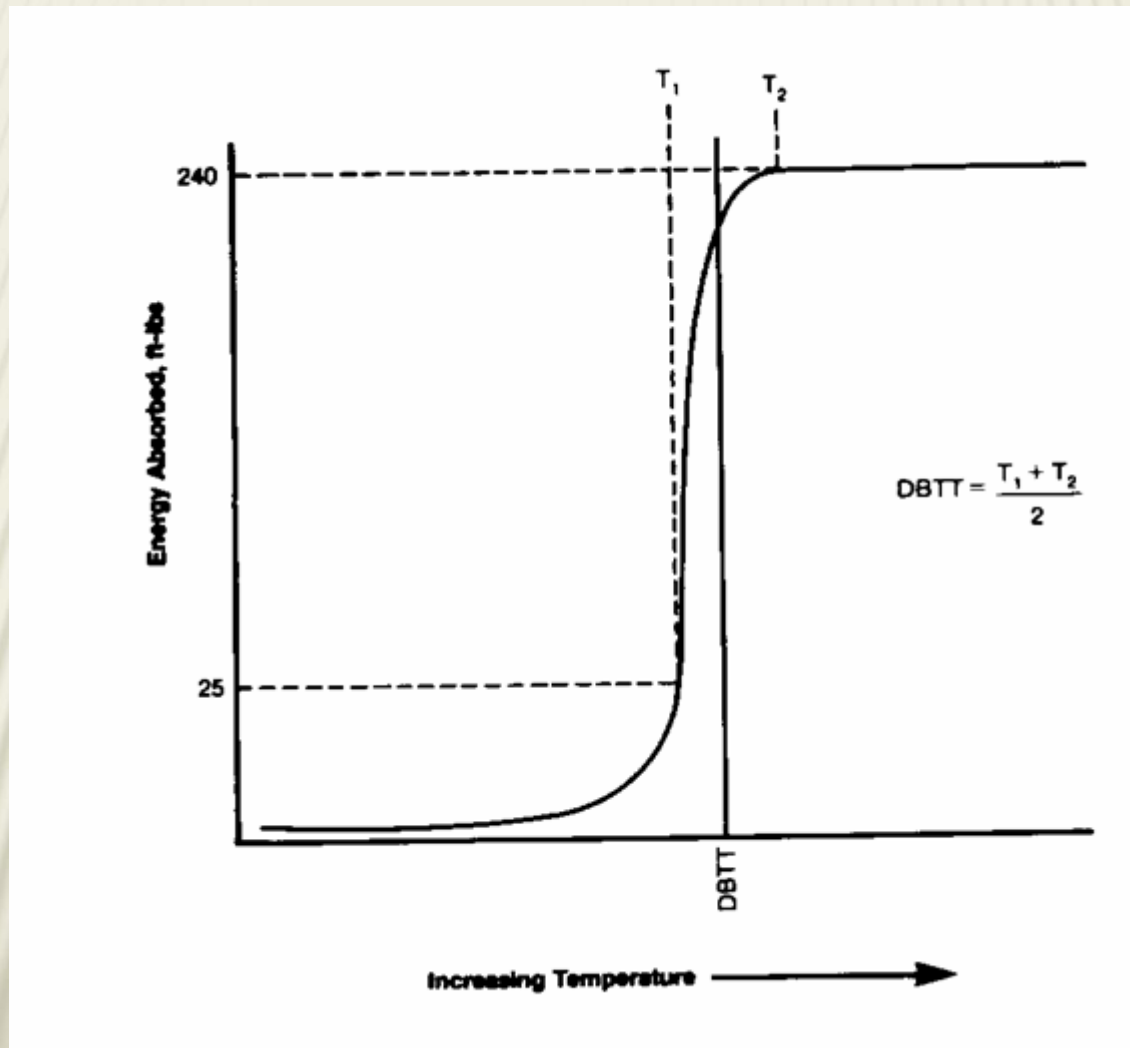


Figura 4. Esquema comparativo de la cinética de precipitación de carburos para diferentes tipos de aceros inoxidables.

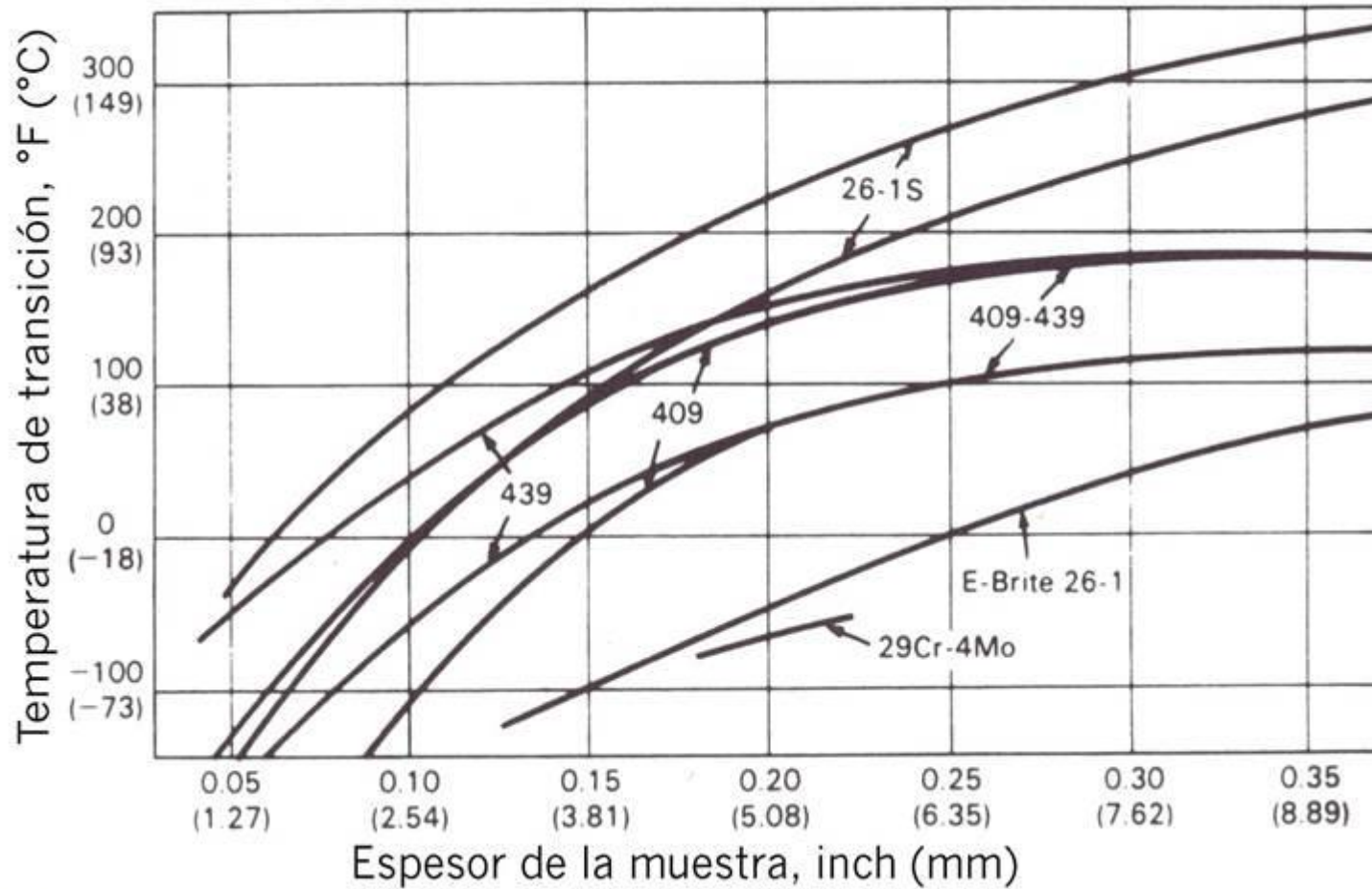
FRAGILIZACIÓN A 475 °C

- × Calentamiento a 475 °C
- × Formación de fase α' (61 % Cr)
- × Tiempo de permanencia (cortos)

TEMPERATURA DE TRANSICIÓN



TEMPERATURA DE TRANSICIÓN



FASE SIGMA

Fase σ : se forma más rápidamente de ferrita que de austenita.

Rango de formación: 540 – 900 °C

Cinética tipo “C”

Composiciones típicas:

FeCr → 48 % de Cr

FeMo o Fe(Cr,Mo)

Estructura: tetragonal

USOS

- × Intercambiadores de calor
- × Piletas de cocina
- × Caños de escape
- × Cañerías que operan en agua de mar
- × Recipientes para la industria alimenticia

Tanto la formación de la fase sigma y la fragilización a 475° limitan la temperatura a la cual pueden operar los aceros inoxidables ferríticos que es aproximadamente 250°

INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Aleaciones no ferromagnéticas, estructura fcc

Contenidos de Cr de 16 a 26%.

Serie 300 - Ni de hasta 35 %

Serie 200 - Mn hasta 15 % Ni hasta 7 %

Muy buena R.Corr., propiedades mecánicas aun a altas temperaturas y excelentes prop. criogénicas

AISI 304 (S30400) (18% Cr, 8% Ni, 0.08 % C)

AISI 316 (S31600) (18% Cr, 8% Ni, 2% Mo)

AISI 201 (S20100) (17% Cr, 6.5% Mn, 4.5% Ni)

FAMILIA AUSTENÍTICA

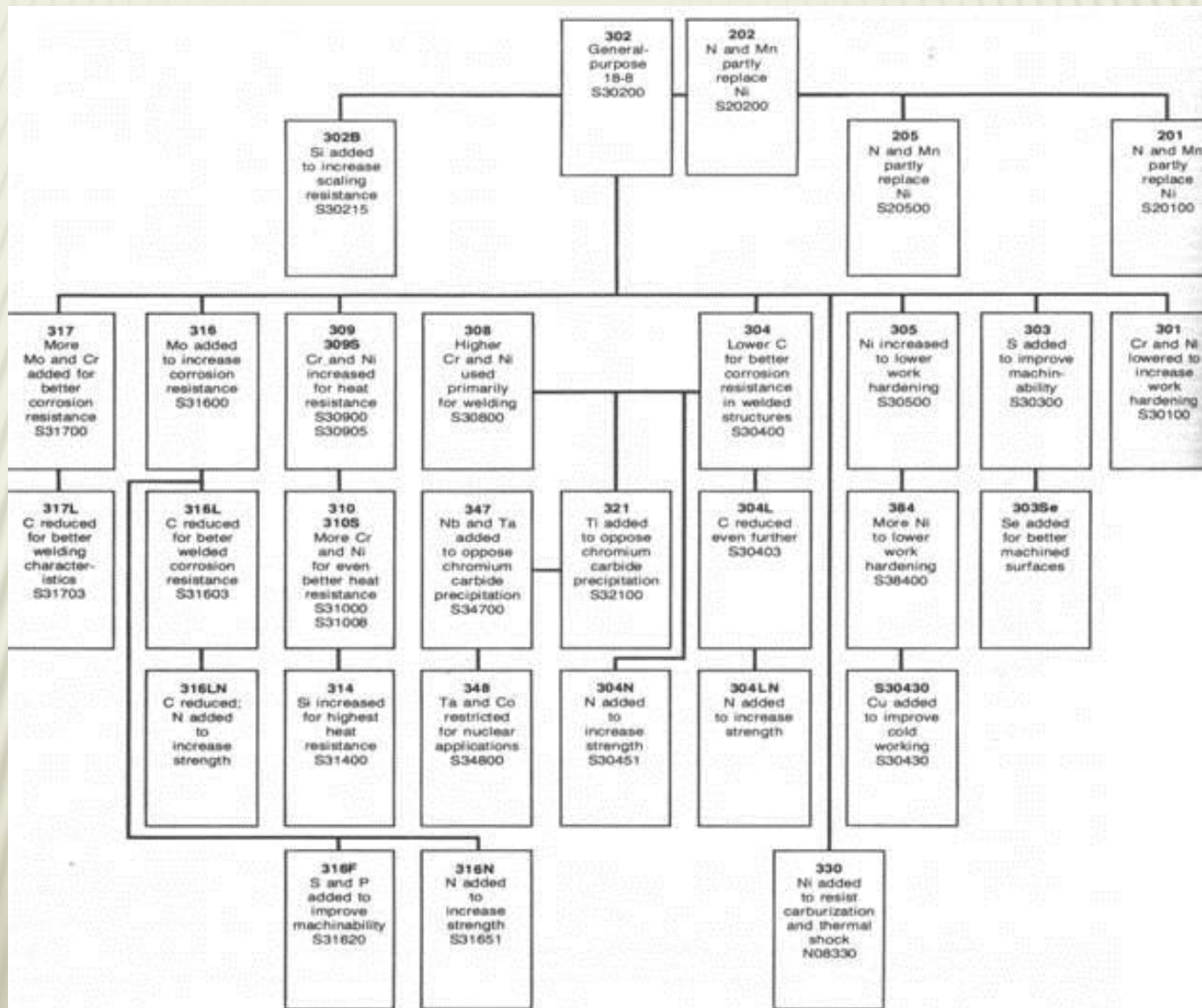


DIAGRAMA FE - NI

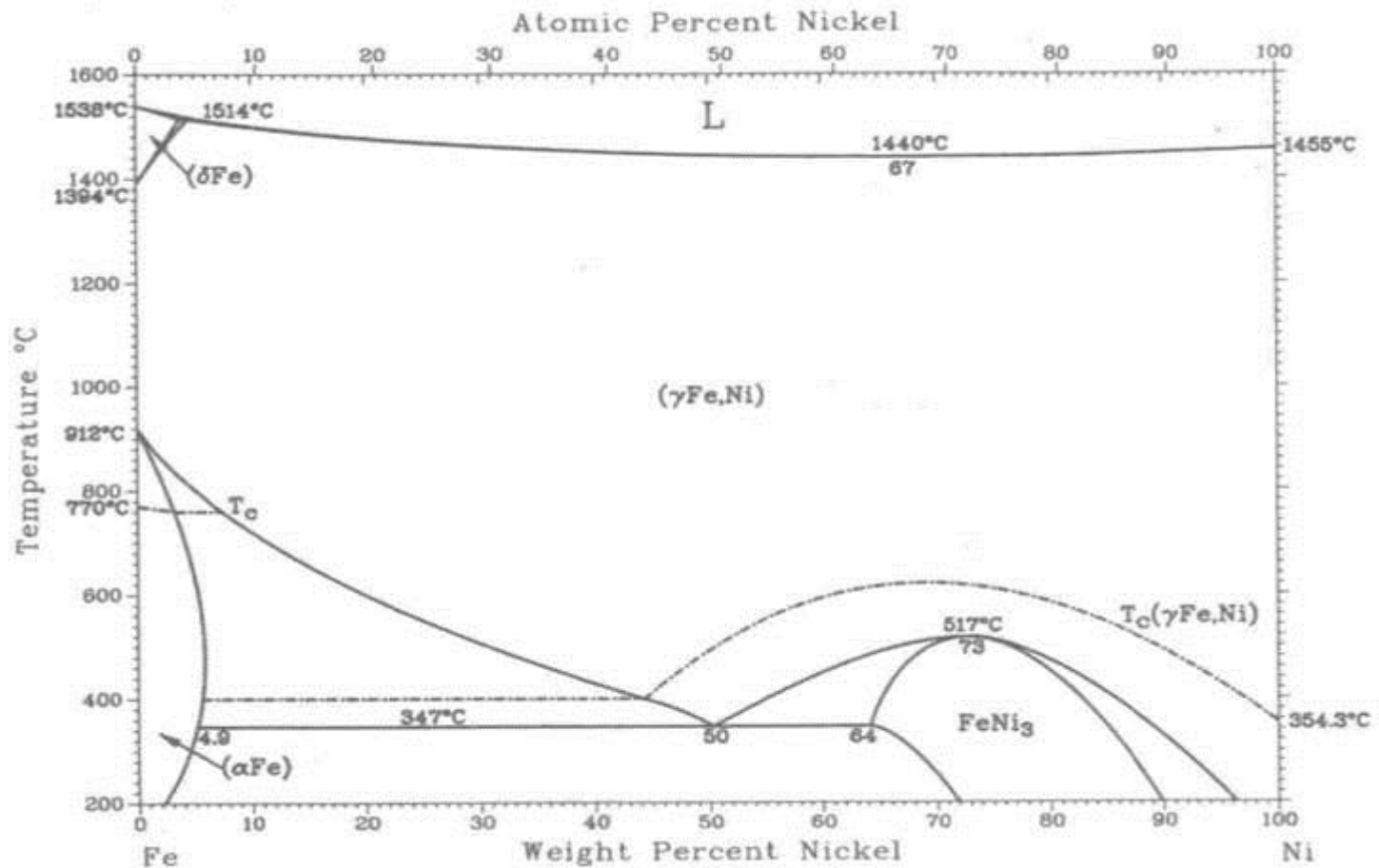
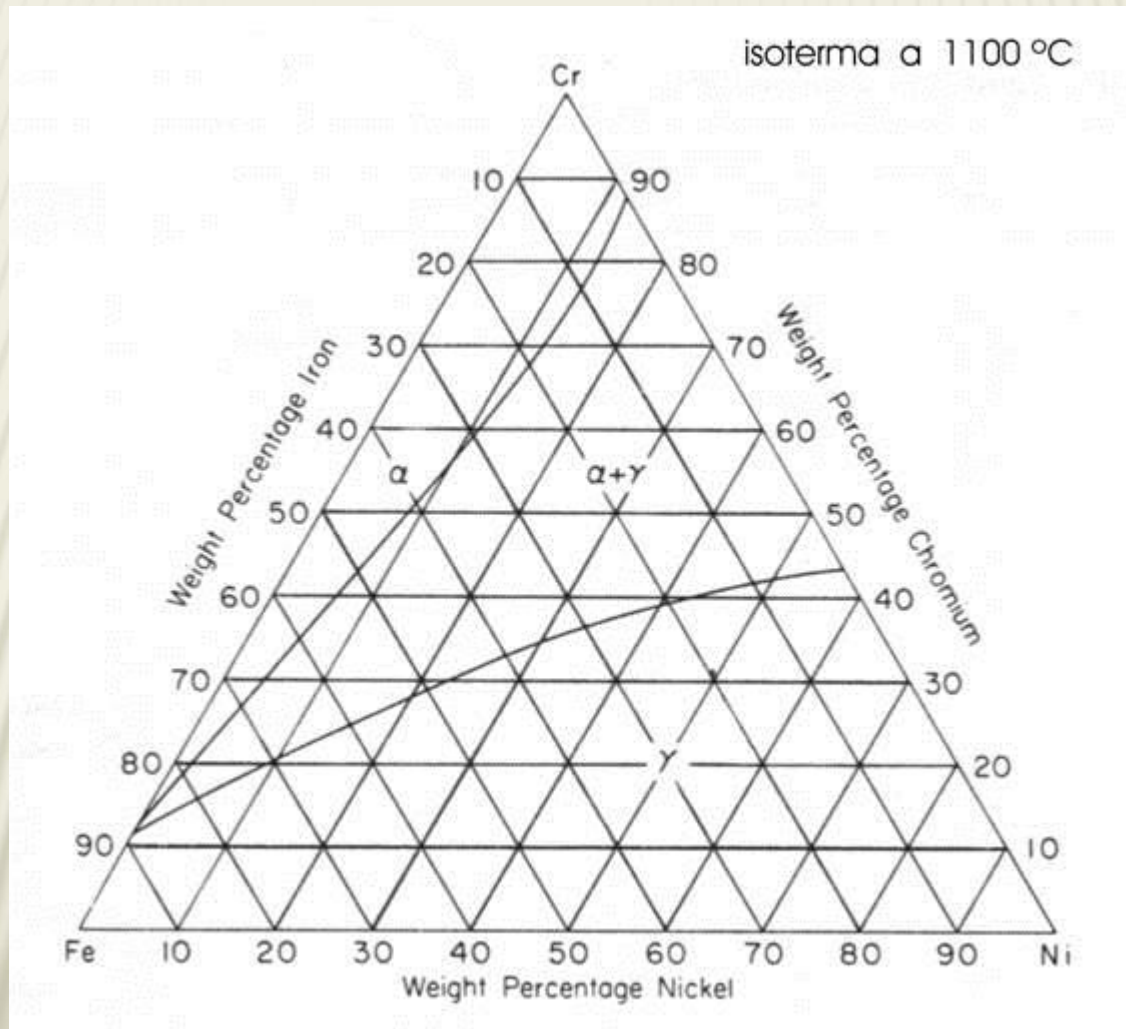


DIAGRAMA FE - CR - NI



FASE SIGMA

Fase σ : se forma más rápidamente de ferrita que de austenita.

Rango de formación: 540 – 900 °C

Cinética tipo “C”

Composiciones típicas:

FeCr → 48 % de Cr

FeMo o Fe(Cr,Mo)

Estructura: tetragonal

FASE SIGMA



LIMITACIONES DE LOS AUSTENÍTICOS

- × Precipitación de carburos
- × Corrosión en medios clorados (SCC, P)
- × Formación de fase σ
- × Endurecimiento por deformación
- × Formación de martensita

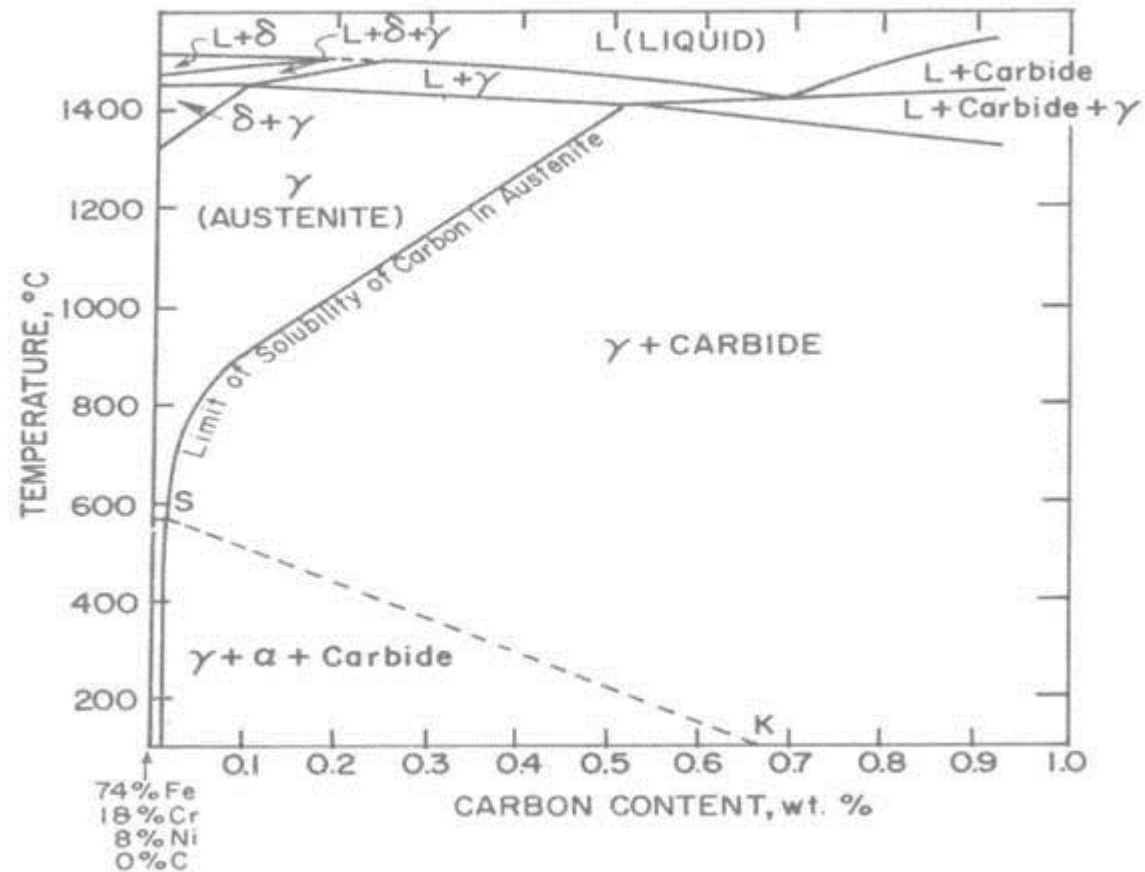
CAUSAS DE LA PRECIPITACIÓN

- ✘ Calentamiento a altas temperaturas 425 a 870 °C
- ✘ Tiempo de permanencia
- ✘ Composición química

CONSECUENCIA

- × Formación de carburos $M_{23}C_6$ (hasta 94 % de Cr)
- × Sensibilización
- × Corrosión del borde de grano

DIAGRAMA SEUDO-BINARIO



CARBUROS

$M_{23}C_6$ - conocido comúnmente como $Cr_{23}C_6$

Muy ampliamente observados en aceros austeníticos

Composición: $(Fe,Cr)_{23}C_6$ o $(Cr,Fe,Mo)_{23}C_6$

Estructura: fcc

M₂₃C₆

Desde austenita precipita en el rango de 425 a 950 °C.

Muy rápidamente en el rango de 650 a 700 °C

Disuelven por encima de 1050 °C

Algunas composiciones reportadas:

(Cr₁₆Fe₅Mo₂)C₆ ➔ 61 % de Cr

(Cr₁₇Fe_{4,5}Mo_{1,5}) ➔ 66 % de Cr

CARBUROS



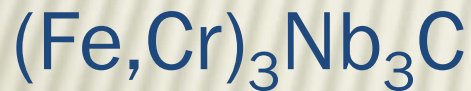
Es encontrado en aceros austeníticos que contienen Mo y Nb

Precipita luego de largas exposiciones entorno a los 650°C

Estructura : fcc

M₆C

Composiciones reportadas:



CARBUROS



Observados en los aceros martensíticos

Precipita por encima de 480 °C

Composición típica: Cr_7C_3 → 91% de Cr

Estructura: hexagonal

CARBUROS

MC

Composiciones típicas: TiC o NbC

Es observado en todos los aceros que contienen Ti o Nb.

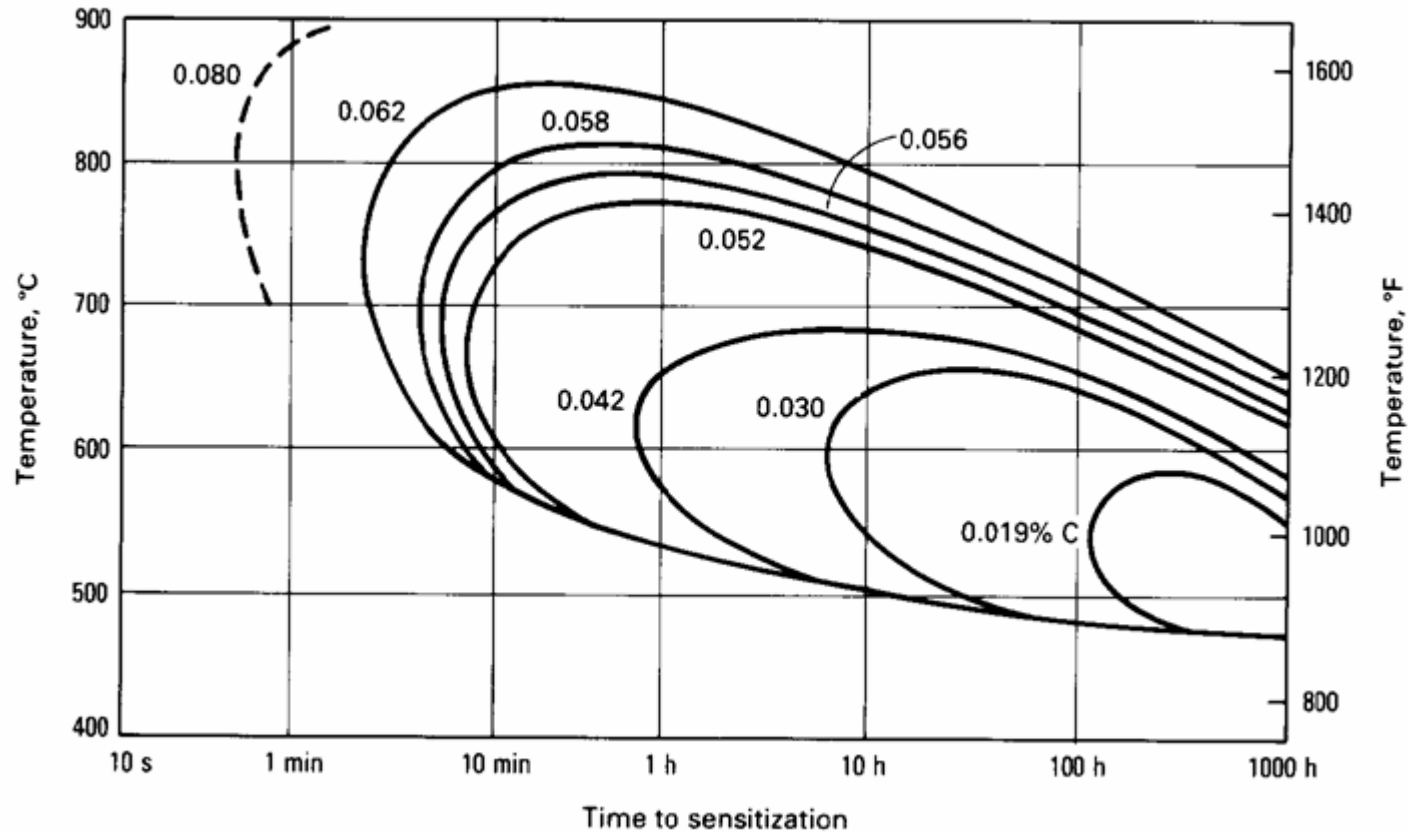
Es muy estable y puede contener N.

Son disueltos a altas temperaturas $> 1230\text{ }^{\circ}\text{C}$

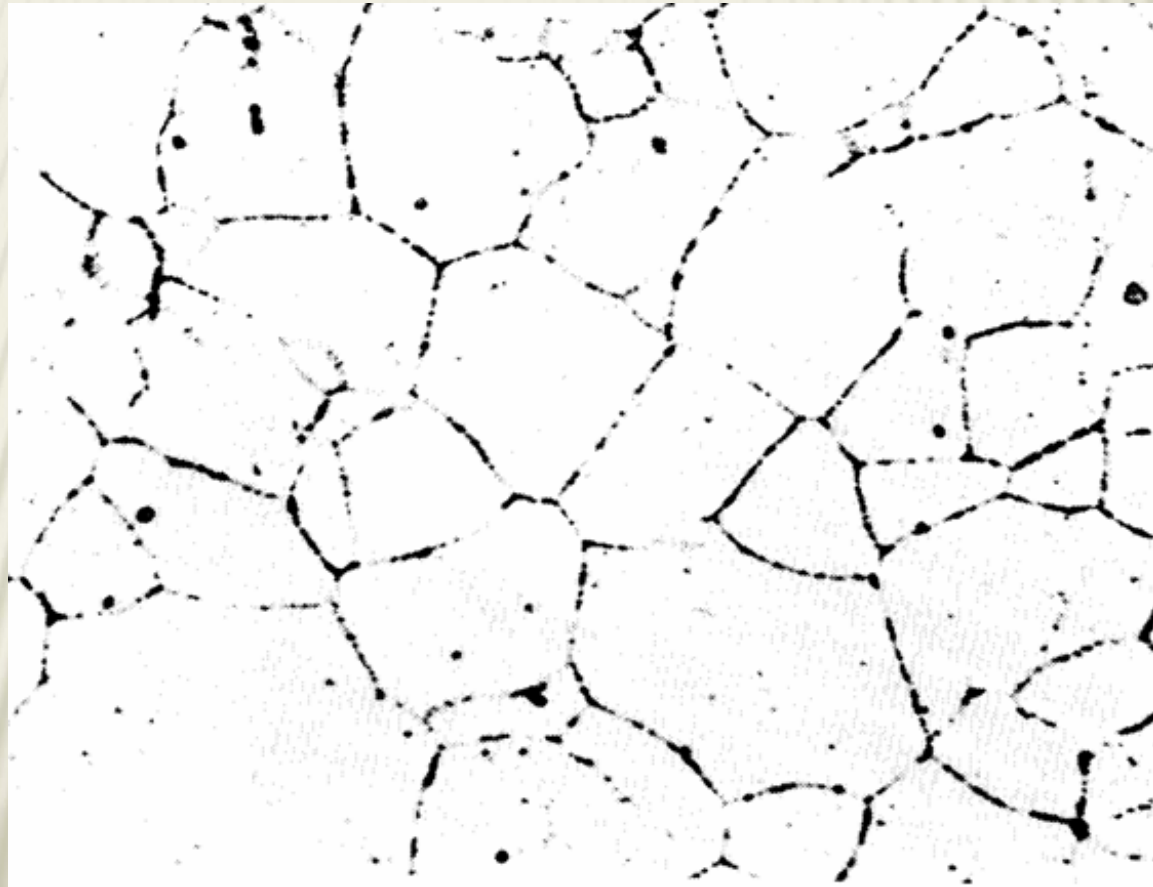
Precipitan en el rango de 800 a $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

Estructura: cúbica

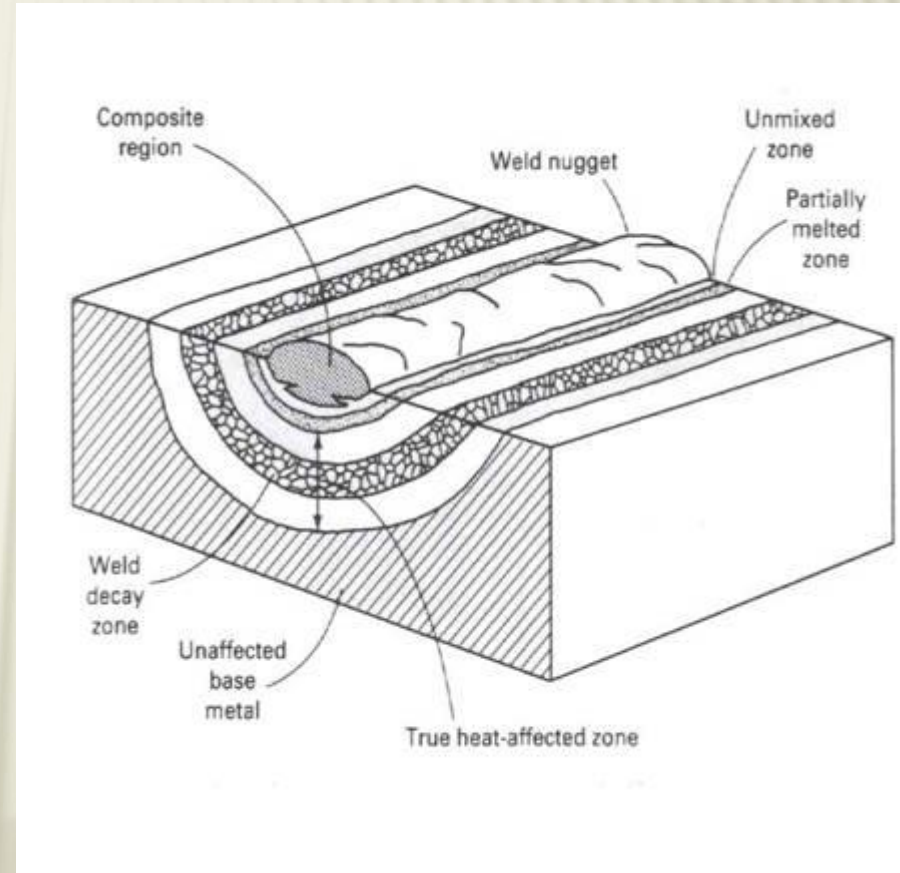
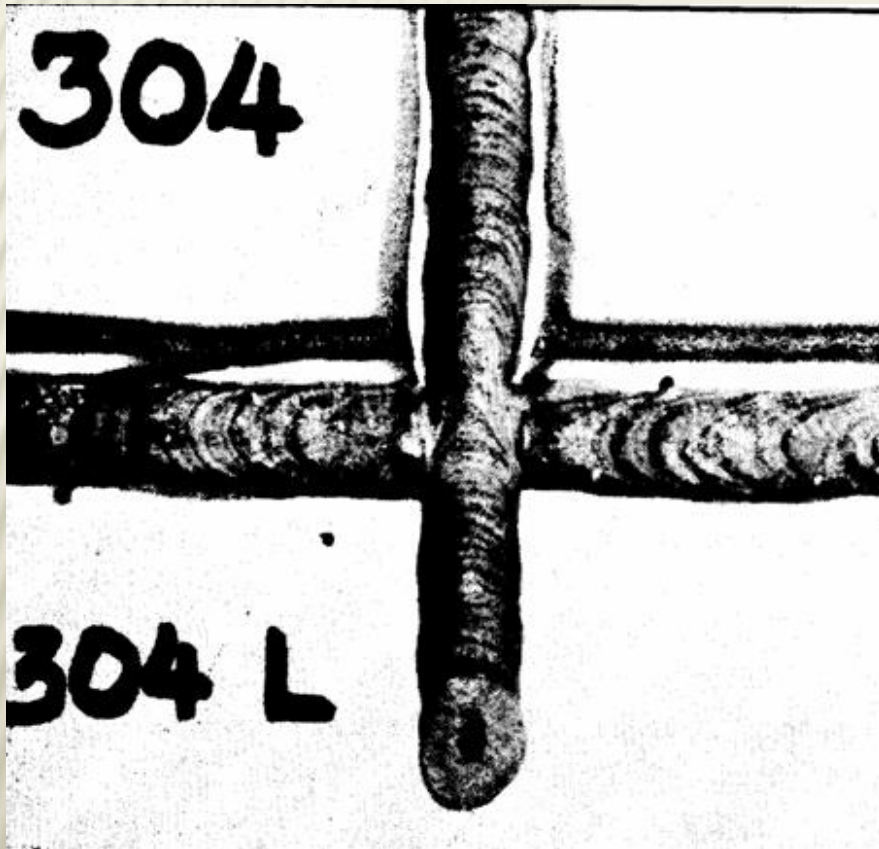
CINÉTICA DE PRECIPITACIÓN



CARBUROS PRECIPITADOS



EFFECTO EN SOLDADURA



POSIBLES REMEDIOS

- × SELECCIÓN DEL MATERIAL
 - ◆ Aceros de bajo Carbono
 - ◆ Aceros aleados con Ti o Nb
 - ◆ Mayor contenido de Cromo
- × TRATAMIENTOS TERMICOS
 - ◆ Disolución de carburos
 - ◆ Difusión de Cromo

ACEROS DE BAJO CARBONO

Contenido máximo de C = 0.03 %

Ejemplos: AISI 304L UNS S30403

AISI 316L UNS S31603

ACEROS ALEADOS

Elementos estabilizadores del carbono

- ◆ Ti = contenido mínimo $5 \times \% C$

Ejemplo: AISI 321 UNS S32100

- ◆ Nb o Ta contenido mínimo $10 \times \% C$

Ejemplo: AISI 347 UNS S34700

Limitación: No precipitación de carburos TiC, NbC

Provoca ataque tipo filo de cuchillo (Knife-line attack)

ATAQUE TIPO FILO DE CUCHILLO

Disolución de carburos de Ti y Nb ($> 1230\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Disolución de carburos de cromo ($> 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Precipitación de carburos de Ti y Nb ($> 800^{\circ}\text{C}$)

Precipitación de carburos de Cr ($> 540\text{ }^{\circ}\text{C}$)

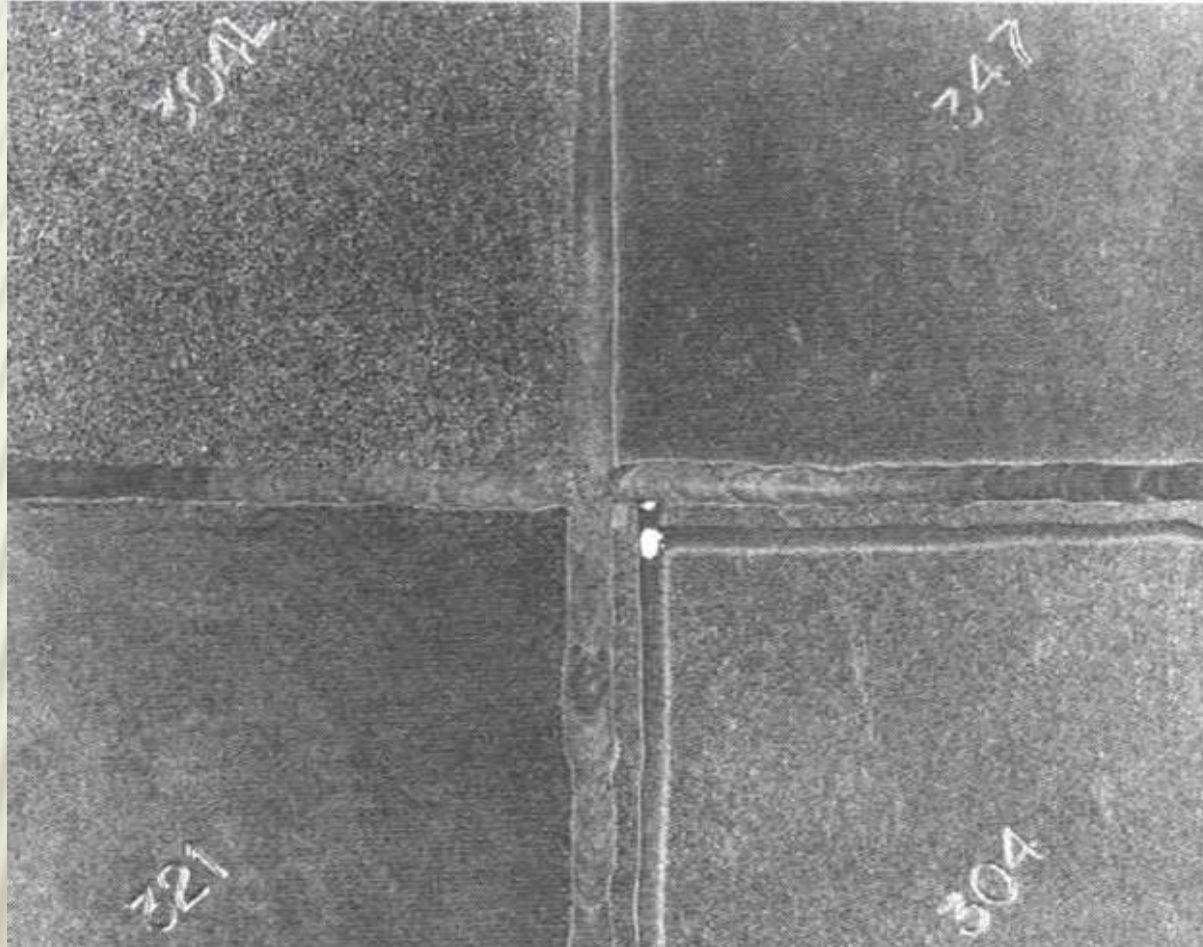
TRATAMIENTO TÉRMICO

Tratamiento de disolución de carburos

Calentamiento a 1050 - 1100 °C

También difunde el cromo

ESTUDIO COMPARATIVO DE DISTINTAS SOLUCIONES



CORROSIÓN EN MEDIOS CLORADOS

Medios contienen cloro (agua de mar)

Tensiones (Stress Corrosion Cracking)

Potencial de picado (Pitting)

Composición química

Temperatura

FORMACIÓN DE FASE SIGMA

Fragilización a bajas temperaturas

- × Calentamiento a altas temperaturas en el rango de 540 a 900 °C
- × Tiempo de permanencia
- × Composición (contenido de **Cr**, **Mo**)

ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN

- × Formación de martensita
- × Grado de deformación (ϵ o α)
- × Contenido de níquel y elementos γ

TEMPERATURAS DE FORMACIÓN

A partir de austenita:

$$M_s (\text{°F}) = 2381 - [75\text{Cr} + 110\text{Ni} + 60\text{Mn} + 50\text{Si} + 3000(\text{C} + \text{N})]$$

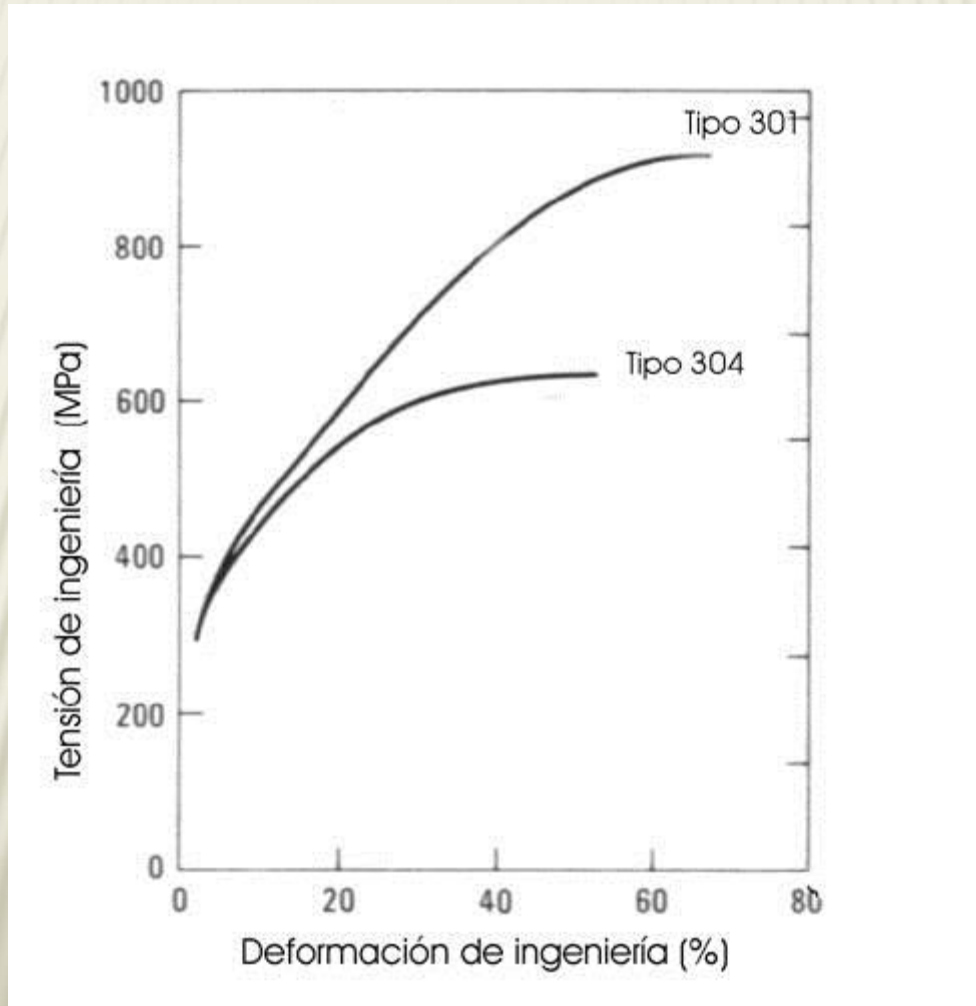
Por deformación:

M_{d30} Temperatura de formación de martensita para 30% deformación

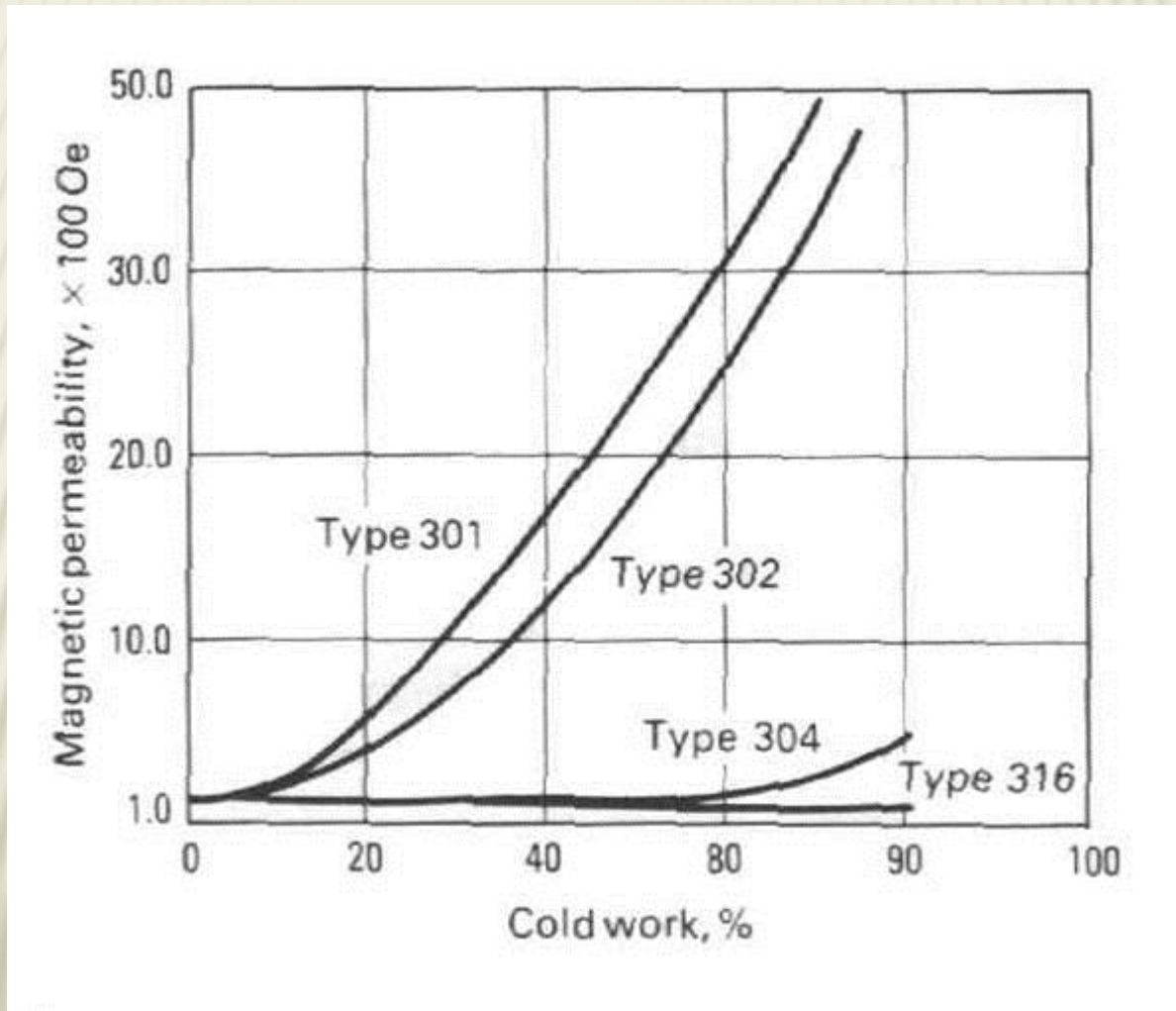
$$M_{d30} (\text{°C}) = 413 -$$

$$[462(\text{C} + \text{N}) + 9.2\text{Si} + 8.1\text{Mn} + 13.7\text{Cr} + 9.5\text{Ni} + 18.5\text{Mo}]$$

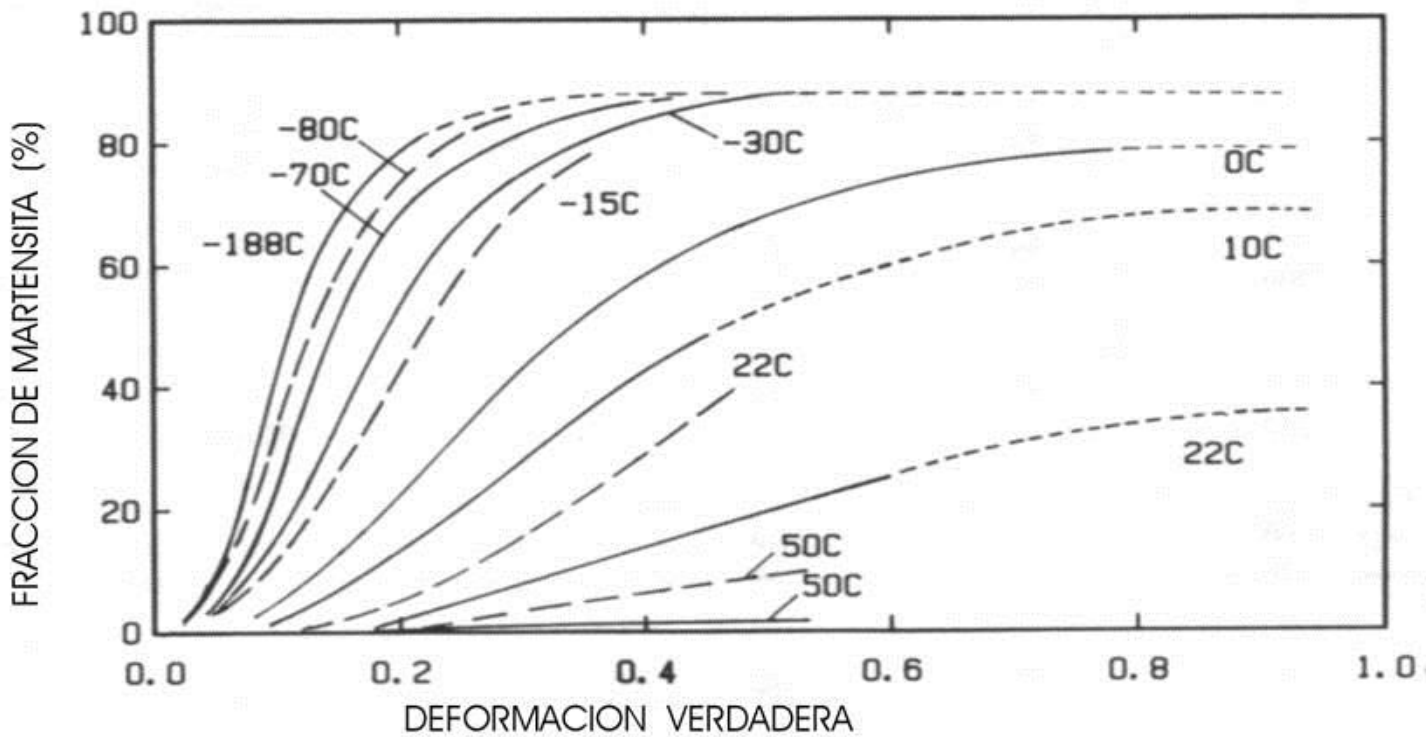
CURVAS TENSIÓN DEFORMACIÓN



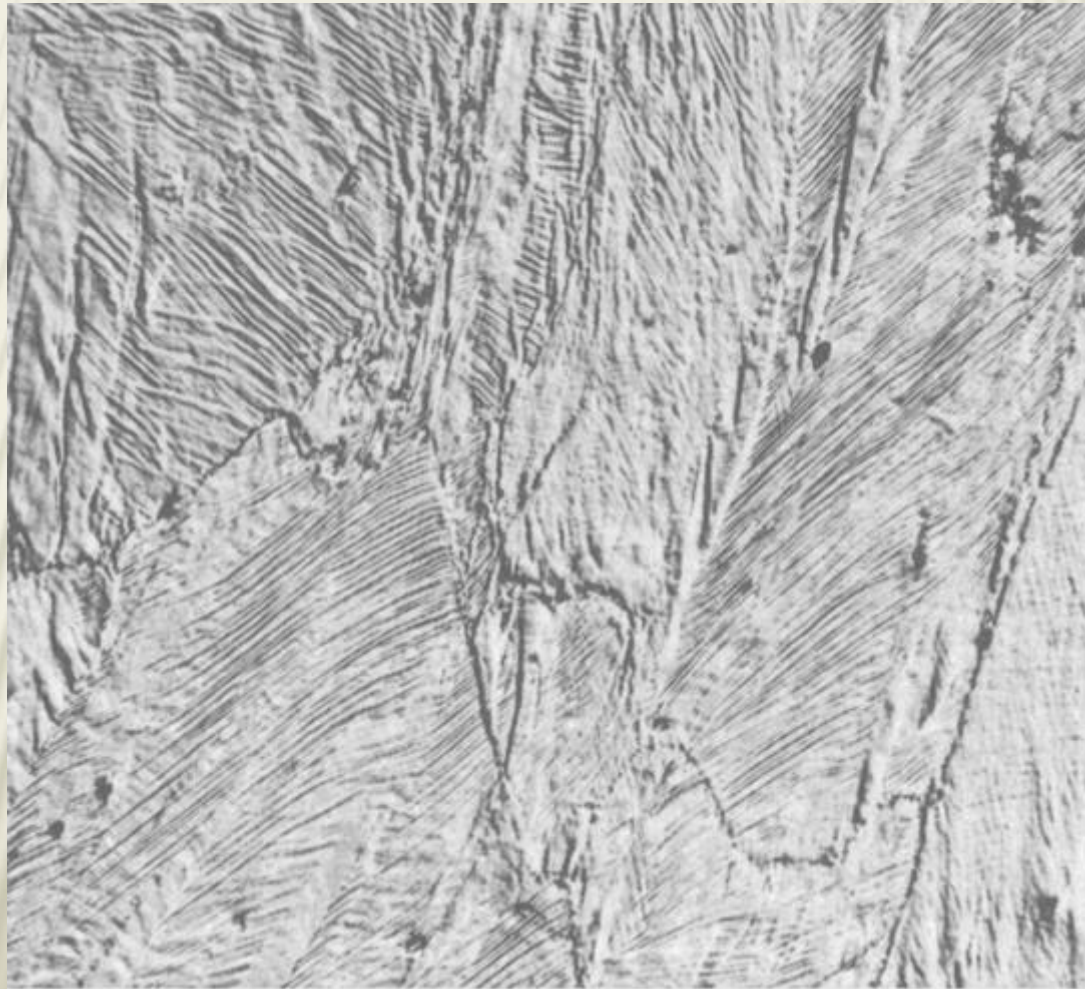
VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS EN FUNCIÓN DEL TRABAJADO EN FRÍO



FORMACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA



MARTENSITA (DEFORMACIÓN)



ACEROS AUSTENO - FERRÍTICOS (DUPLEX)

- × Mezcla de ferrita y austenita.
- × La cantidad de cada fase depende:
 - 1- de la composición
 - 2- de la historia térmica de la aleación
- × Por lo general contienen cantidades iguales de ambas fases.

ELEMENTOS DE ALEACIÓN Y R. AL PICADO

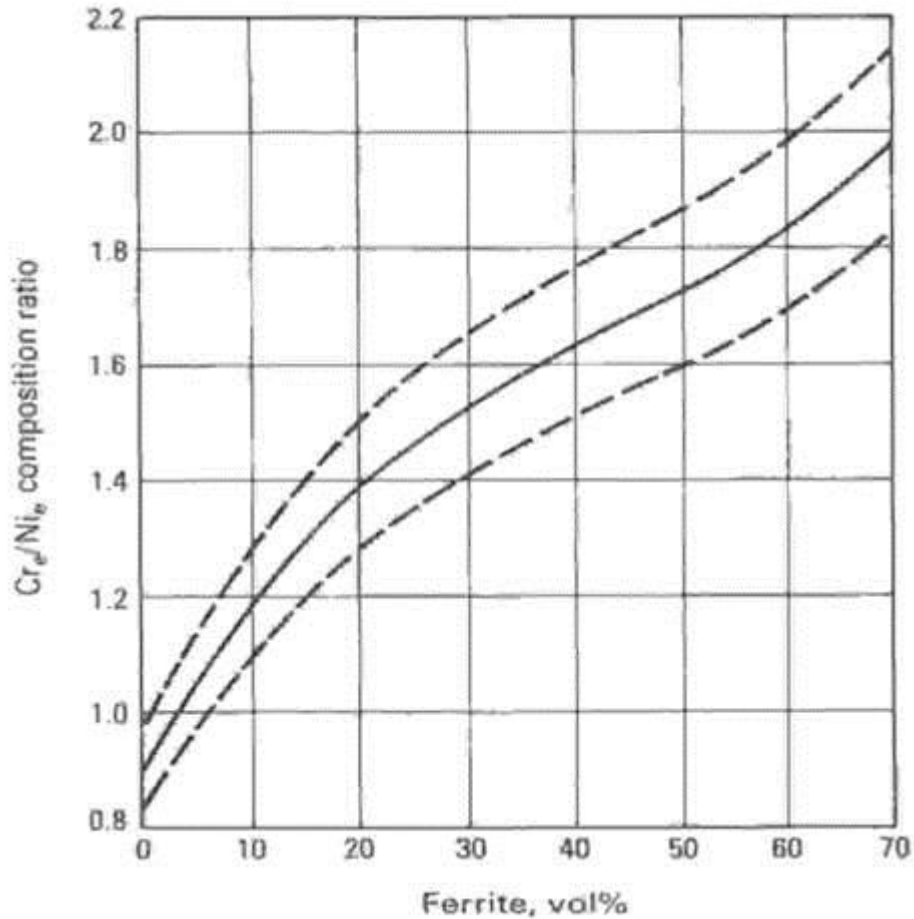
Table 13 Composition and pitting resistance equivalent values of selected wrought duplex stainless steels

UNS number	Composition, %(a)										PRE range(b)
	C	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	Mo	N ₂	Other	
S31200	0.03	2.00	0.03	0.045	1.00	24.0-26.0	5.5-6.5	1.2-2.0	0.14-0.20	...	30.2-35.8
S31260	0.03	1.00	0.030	0.030	0.75	24.0-26.0	5.5-7.5	2.5-3.5	0.10-0.30	0.10-0.50 W, 0.20-0.80 Cu	33.9-42.4
S31500	0.03	1.2-2.0	0.03	0.03	1.4-2.0	18.0-19.0	4.25-5.25	2.5-3.0	0.05-0.10	...	27.1-30.5
S31803	0.03	2.00	0.02	0.03	1.00	21.0-23.0	4.5-6.5	2.5-3.5	0.08-0.20	...	30.5-37.8
S32304	0.03	2.5	0.04	0.04	1.0	21.5-24.5	3.0-5.5	0.05-0.60	0.05-0.20	0.05-0.60 Cu	22.5-29.7
S32550	0.03	1.5	0.03	0.04	1.0	24.0-27.0	4.5-6.5	2.9-3.9	0.10-0.25	1.5-2.5 Cu	35.2-43.9
S32750	0.03	1.2	0.02	0.035	1.0	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-5.0	0.24-0.32	0.5 Cu	37.7-47.6
S32760	0.03	1.0	0.01	0.03	1.0	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-4.0	0.30	0.5-1.0 Cu, 0.5-1.0 W	40(c)
S32900	0.06	1.00	0.03	0.04	0.75	23.0-28.0	2.5-5.0	1.0-2.0	(d)	...	26.3-34.6
S32950	0.03	2.00	0.01	0.035	0.60	26.0-29.0	3.5-5.2	1.0-2.5	0.15-0.35

(a) Single values are maximum. (b) PRE = %Cr + 3.3(%Mo) + 16(%N). (c) Minimum value. (d) Not specified

$$\text{PRE: } \% \text{ Cr} + 3.3\% \text{ Mo} + 16\% \text{ N}$$

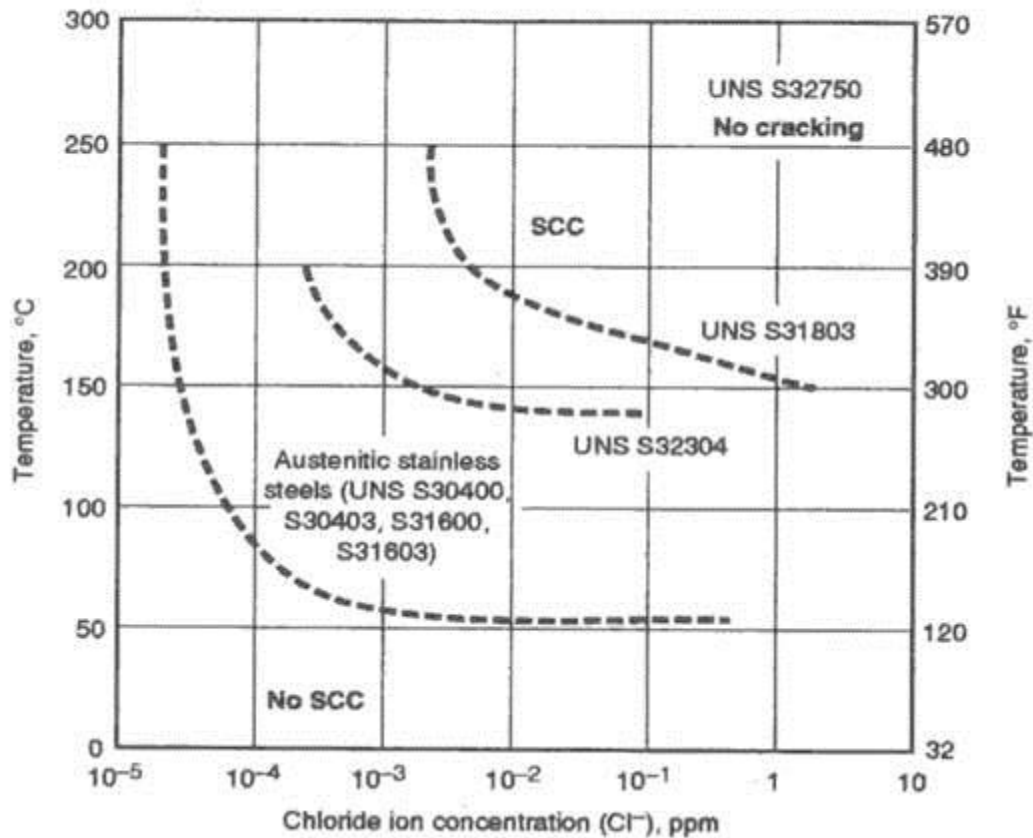
MICROESTRUCTURA CON RELACIÓN A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA



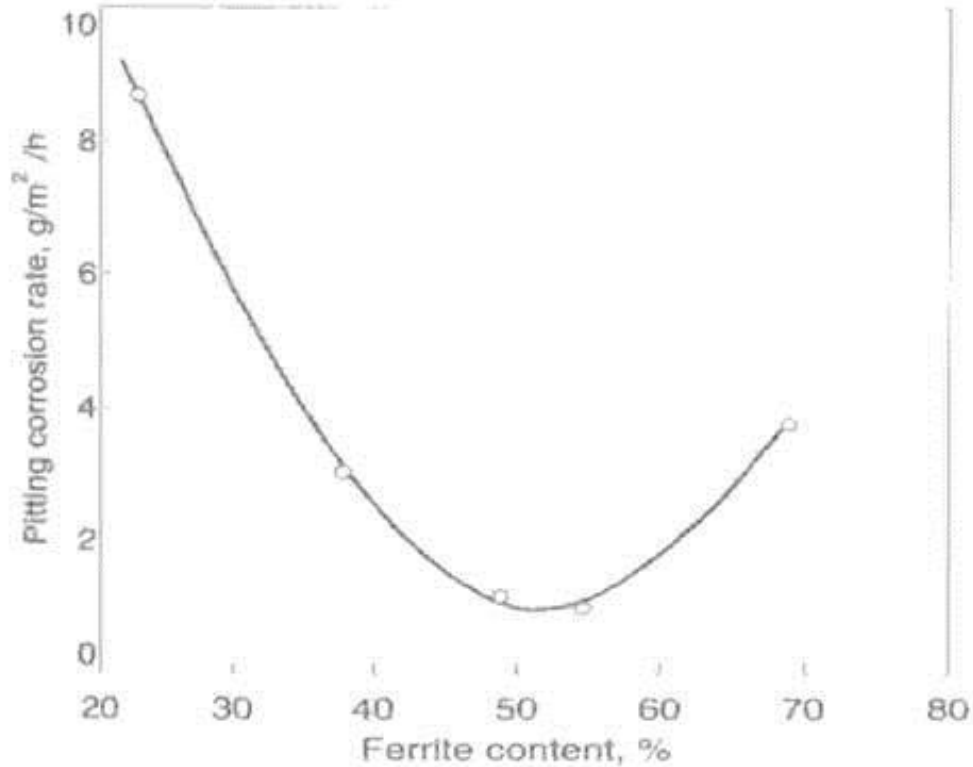
$$Cr_e = \%Cr + 1.5 \%Si + 1.4 \%Mo + \%Nb - 4.99$$

$$Ni_e = \%Ni + 30 \%C + 0.5\%Mn + 26(\%N - 0.02) + 2.77$$

RESISTENCIA COMPARATIVA A STRESS CORROSION CRACKING (MEDIOS CON CLORUROS)



RESISTENCIA AL PICADO EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE FERRITA



OTRAS FASES QUE PRECIPITAN EN LOS ACEROS INOXIDABLES

Fase χ : Se forma en aleaciones que contiene importantes cantidades de Mo.

Se forma en el rango de 730 – 1010 °C

Composiciones típicas:



Estructura: bcc

FASE DE LAVES

Fase η : Se forma en aceros austeníticos con importantes cantidades de Mo, Ti y Nb.

Ocurre por largas exposiciones en el rango de 600 – 1100 °C.

Composiciones típicas:

Fe_2Mo ; $\text{Ti}_{21}\text{Mo}_9$; $\text{Fe}_{30}\text{Cr}_5\text{Si}_5$

Estructura: hexagonal

SULFUROS

El más típico es: **MnS** que contienen todos los aceros.

Si el contenido de Mn es $< 0,2 \%$

Es probable la formación de **CrS** que produce endurecimiento

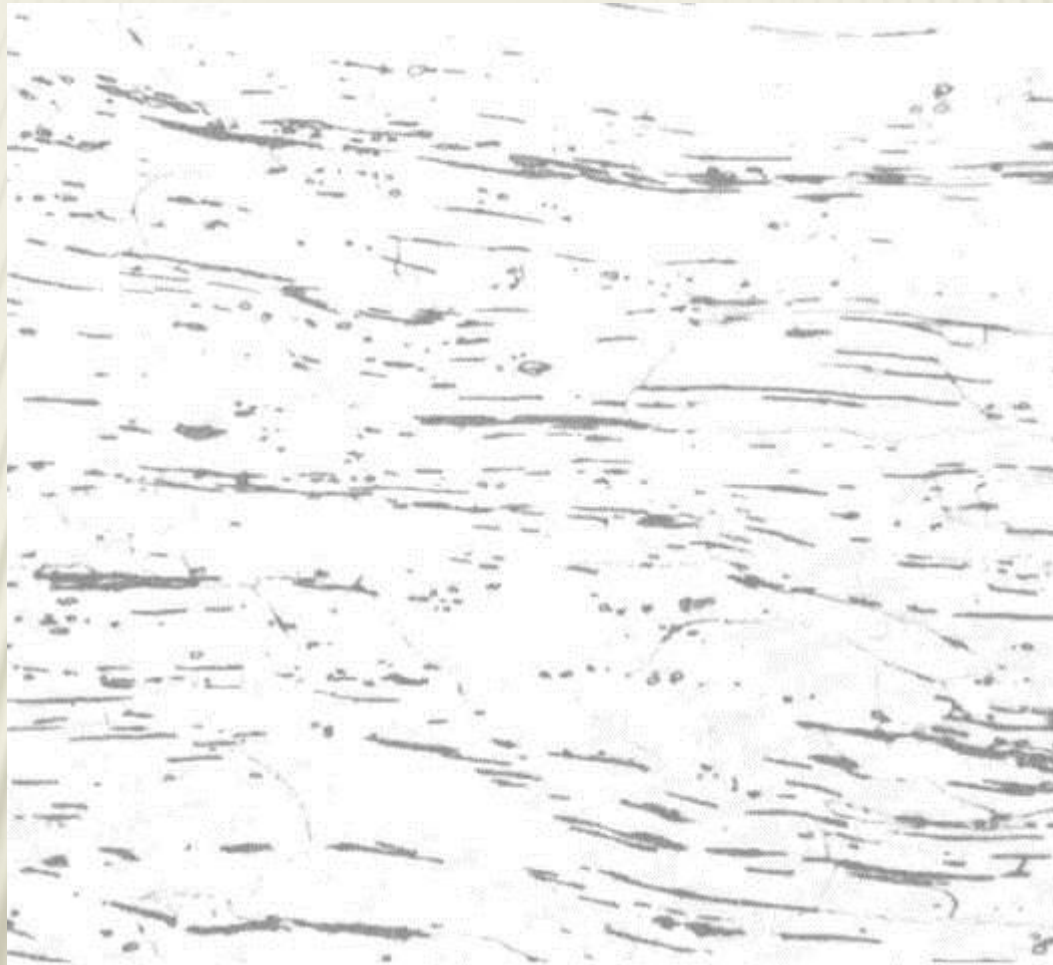
SULFUROS

Con la presencia de Ti

Es probable la formación de:



SULFUROS



ACEROS ENDURECIBLES POR PRECIPITACIÓN

- × **Martensíticos** ($M_f \geq T \text{ amb.}$)
- × **Semiausteníticos** ($M_s \approx T \text{ amb.}$)
- × **Austeníticos** ($M_s \leq T \text{ amb.}$)

RANGOS DE COMPOSICIÓN

- × C 0.015 - 0.15
- × Cr 11 - 18
- × Ni 3 - 9 (M y SA) 24 – 29.5 (A)
- × Mo 1 - 3.25
- × Otros Cu, Al, N, Nb, Ti, V, B

FASES PRECIPITADAS

- × **Martensíticos**

- × PH 13-8 Mo (S13800) NiAl coherente + γ fina

- × 15-5 PH (S15500) fcc rico en Cu

- × 17-4 PH (S17400) fcc rico en Cu

FASES PRECIPITADAS

× Semiausteníticos

- × 17-7 PH (S17700) bcc ordenada
- × PH 15-7 Mo (S15700) β -NiAl + Ni₃Al
- × AM-350 (S35000) Cr₂N

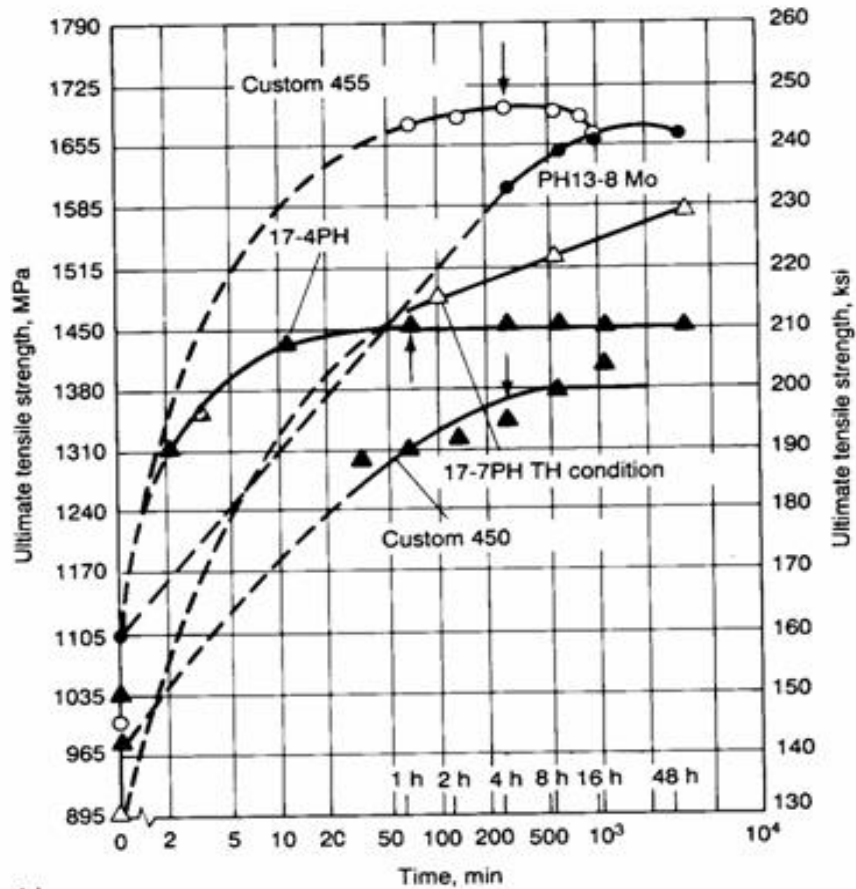
FASES PRECIPITADAS

× Austeníticos

× A-286 (S66286) $\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$

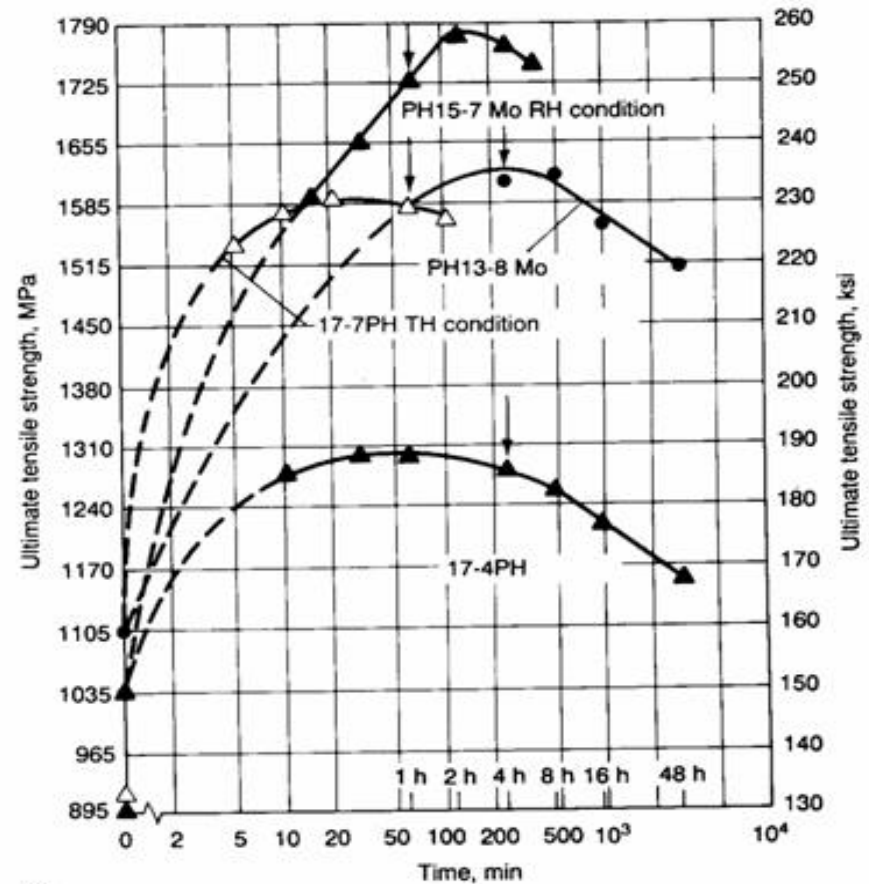
× JBK-75 $\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$

PROPIEDADES MECÁNICAS



(a)

ENVEJECIDO A 480 °C



(b)

ENVEJECIDO A 510 °C

RESUMEN DE PROPIEDADES ACEROS MARTENSÍTICOS

- × Moderada resistencia a la corrosión.
- × Son tratables térmicamente (temple).
- × Dureza en función del contenido de carbono.
- × Pobre soldabilidad.
- × No son sensibles a la corrosión bajo tensiones.
- × Son magnéticos
- × Conductividad eléctrica y térmica similar a la de un acero común.

USOS DE ACEROS MARTENSÍTICOS

- × Se emplean para la fabricación de piezas que requieren buena resistencia a la corrosión y alta resistencia mecánica y dureza.
- × La dureza está relacionada con la temperatura de revenido por lo que la temperatura de uso debe ser siempre inferior a ésta.

APLICACIONES DE ACEROS MARTENSÍTICOS

- × Palas de turbinas hidráulicas
- × Alabes de de turbinas de vapor
- × Piezas cortantes para cirugía
- × Elementos de cuchillería en general
- × Elementos de tornillería que requieren alta resistencia mecánica en C1

RESUMEN DE PROPIEDADES ACEROS AUSTENÍTICOS

- × Excelente soldabilidad
- × Alta ductilidad y elevada resistencia mecánica
- × Excelente resistencia a la corrosión aun a temperaturas elevadas
- × Muy adecuados para temperaturas debajo de 0 °C
- × Endurecen por trabajado mecánico
- × Pobre maquinabilidad
- × Menor conductividad térmica y eléctrica comparativamente
- × No son magnéticos

USOS DE ACEROS AUSTENÍTICOS

- × Su empleo es recomendado cuando se requiere la mayor resistencia a la corrosión.
- × No son aptos para medios conteniendo iones de cloro.

APLICACIONES DE ACEROS AUSTENÍTICOS

- × Tuberías y recipientes para la industria química y petroquímica
- × Elementos para la industria alimenticia
- × Transporte de gases licuados a muy baja temperatura.
- × Alabes de turbinas en las etapas de mayor temperatura.
- × Elementos de hornos y quemadores

RESUMEN DE PROPIEDADES ACEROS FERRÍTICOS

- × Comparativamente más económicos
- × Comparativamente menos resistentes a la corrosión
- × Baja soldabilidad (crecimiento de granos)
- × Buena formabilidad debido a la baja resistencia mecánica
- × Resistencia crece ligeramente por trabajado mecánico
- × Adecuados para temperaturas moderadamente altas (debajo de 800 °C)
- × No son sensibles SCC
- × Conductividad térmica y eléctrica similar a los aceros comunes
- × Son magnéticos

USOS Y APLICACIONES DE ACEROS FERRÍTICOS

- × Su aplicación está ligada a usos que requieren un menor costo de instalación como elementos decorativos sometidos a atmósferas normales
- × Tuberías de agua o fluidos moderadamente corrosivos
- × Tuberías de sistemas de escape de automóviles.

PROPIEDADES APLICACIONES Y USOS DE ACEROS FERRÍTICOS-AUSTENÍTICOS

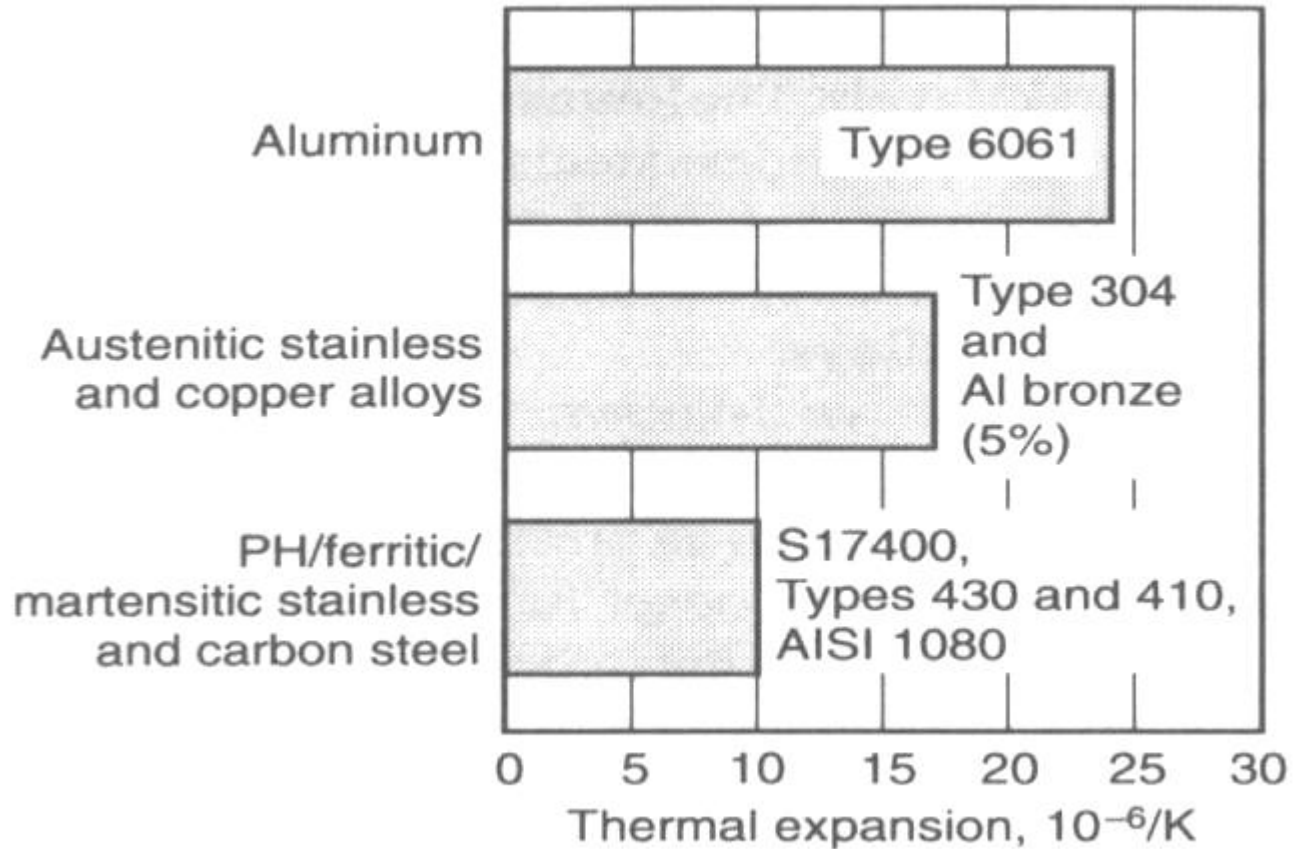
- × Poseen propiedades intermedias entre los ferríticos y los austeníticos y éstas están ligadas a los porcentajes relativos de ambas fases.
- × Su principal aplicación está relacionada con aquellos medios corrosivos que poseen iones de cloro donde los austeníticos son débiles.
- × Carcasas y elementos de bombas hidráulicas para los medios mencionados.

PROPIEDADES APLICACIONES Y USOS DE LOS ACEROS PH

- × La resistencia a la corrosión depende esencialmente del contenido de cromo y del tipo de microestructura resultante de la combinación de los componentes químicos
- × Están destinados en general a aquellos elementos que requieren buena resistencia mecánica.
- × Algunos de los usos destacados son aquellos componentes de máquinas sometidos a desgaste y medios corrosivos como ejes, levas, engranajes, etc.

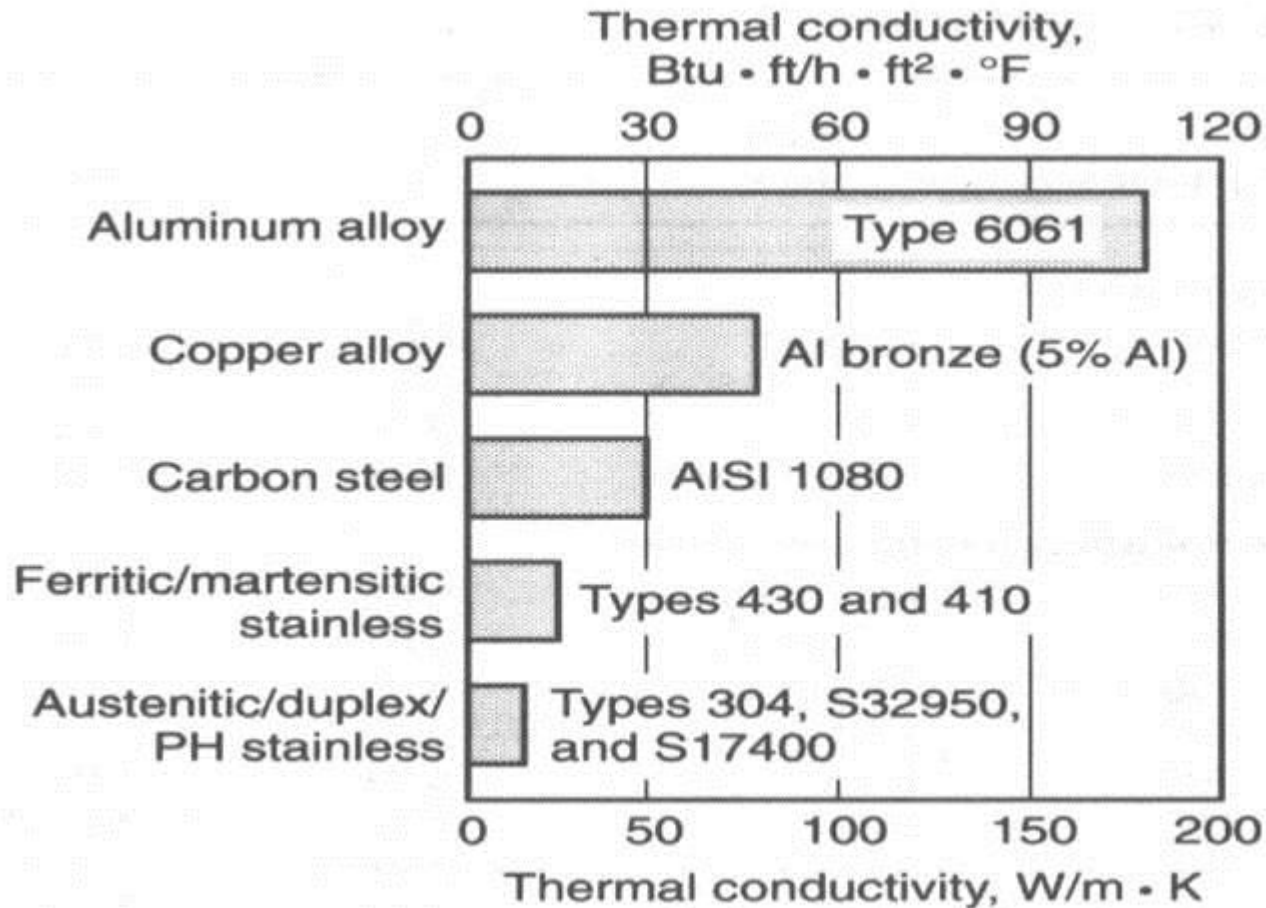
PROPIEDADES COMPARATIVAS

EXPANSIÓN TÉRMICA



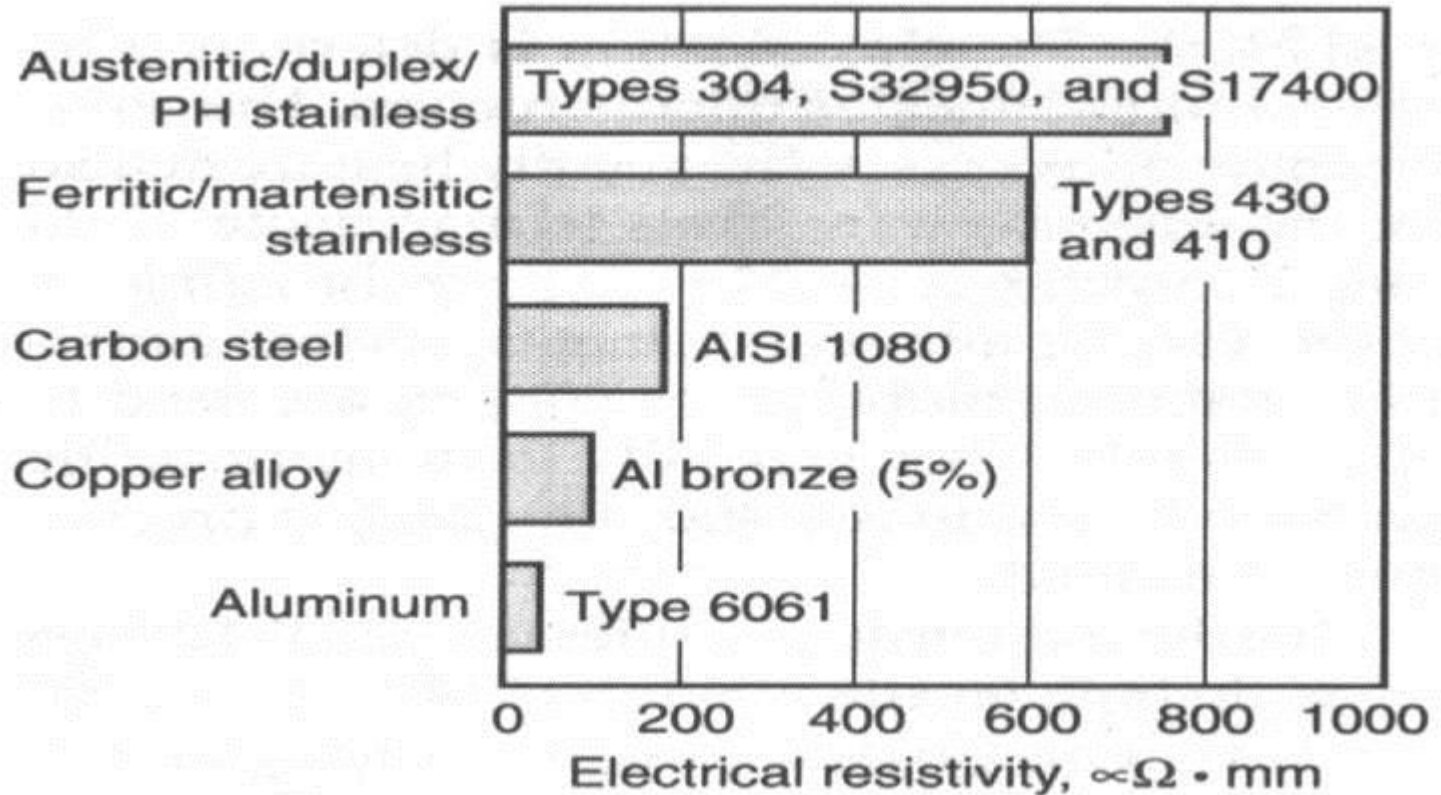
PROPIEDADES COMPARATIVAS

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



PROPIEDADES COMPARATIVAS

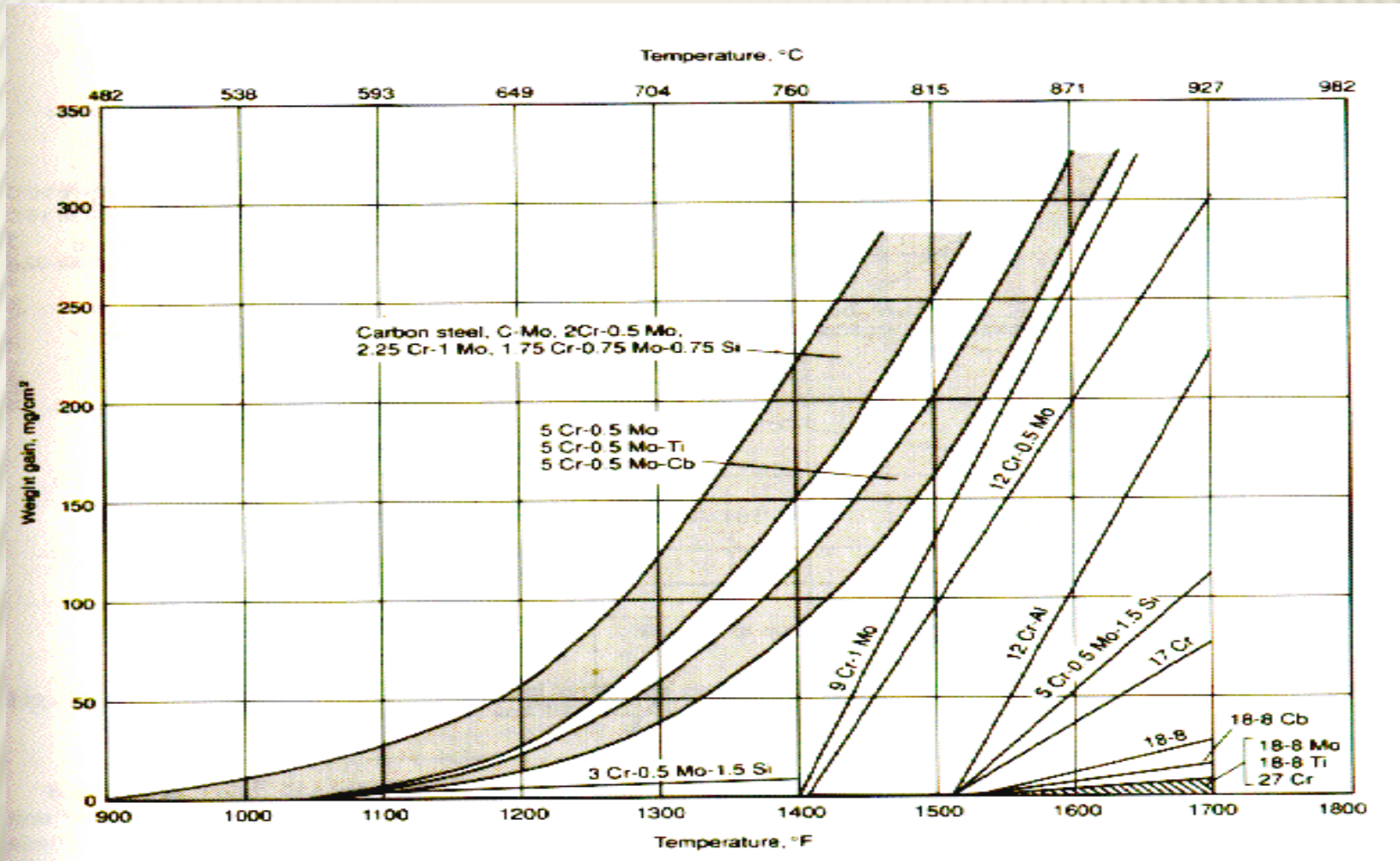
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA



PROPIEDADES MECÁNICAS COMPARATIVAS

Material	Resist.ma x (MPa)	Lim. Elast. (MPa)	Elongación (%)	Dureza	Impacto (J)
304 recoc.	586	241	60	81 HRB	≥ 325
409 recoc.	380	275	32	70 HRB	-
430 recoc.	517	310	30	82 HRB	217
Duplex S32950	760	570	38	100 HRB	157
410 recoc.	517	276	35	82 HRB	-
410 TyR 250	1337	1089	17	43 HRC	76
410TyR 593	827	724	20	26 HRC	52
PH S45500 T y E 482	1689	1620	10	49 HRC	12

RESISTENCIA COMPARATIVA DE ACEROS DE BAJA Y ALTA ALEACIÓN A LA OXIDACIÓN A ALTAS TEMPERATURAS



E I N

¿ D U D A S ?