

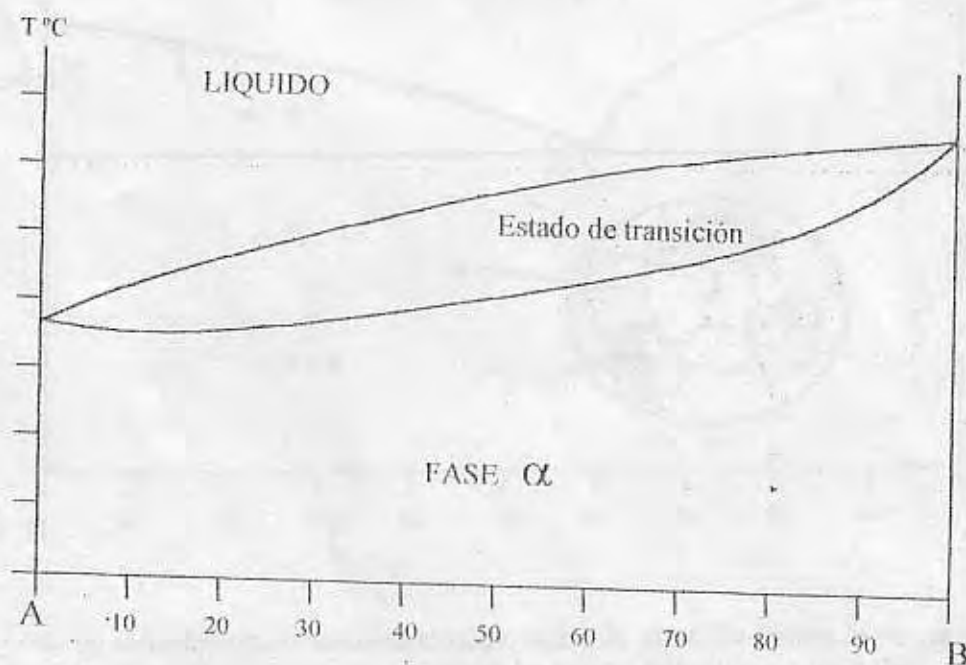
ALEACIONES

TIPO I

ALEACIONES TOTALMENTE SOLUBLES

Este tipo de aleaciones se forma entre metales que tienen la capacidad de combinación total, es decir tanto en estado líquido como en sólido, independientemente de las cantidades de cada uno de los metales que intervienen en la aleación.

Como los componentes se disuelven totalmente, solo pueden existir dos fases, la solución líquida, y la solución sólida que generalmente es designada por α , presentando un diagrama de fases simple que pone de manifiesto únicamente las fases mencionadas y el estado de transición correspondiente, entre las líneas de inicio y fin de la cristalización.



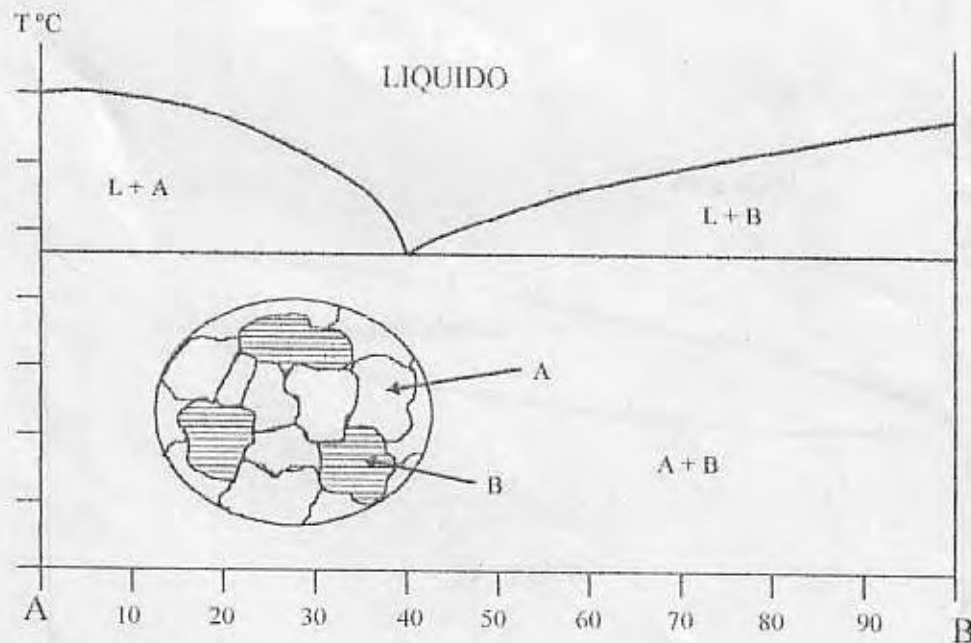
En el estado líquido se tiene una fase de distribución homogénea, cuya concentración solamente depende de las cantidades relativas de cada uno de los componentes, en el estado intermedio, o de transición se tiene la formación de cristales de solución sólida α y solución líquida de A+B. En el estado de fase α se tienen cristales de solución completamente sólidos y de composición solamente en dependencia de las concentraciones, igual que en el estado líquido.

ALEACIONES TIPO II

ALEACIONES TOTALMENTE INSOLUBLES

Las aleaciones de este tipo no son propiamente aleaciones, sino que mas bien en el estado sólido son solamente una mezcla mecánica de los metales participantes, es decir que se encuentran en la composición de estas, cristales de uno y otro metal que coexisten juntos sin llegar a formar propiamente una aleación o combinación química entre ellos.

Los diagramas de fase de este tipo de mezclas tienen una forma típica:



Como se ve, en el estado sólido la aleación presenta cristales independientes de uno y otro metal, donde cada uno de ellos aporta en esta forma sus propiedades mecánicas a la mezcla, lo que no debe dar la impresión de que se trata de materiales indescalables, mas por el contrario existe aplicaciones industriales que requieren de este tipo de característica para su buen desempeño, como por ejemplo los cojinetes y las guías de deslizamiento, las que están fabricadas de este tipo de mezcla con el fin de facilitar la lubricación entre las partes sometidas a rozamiento.

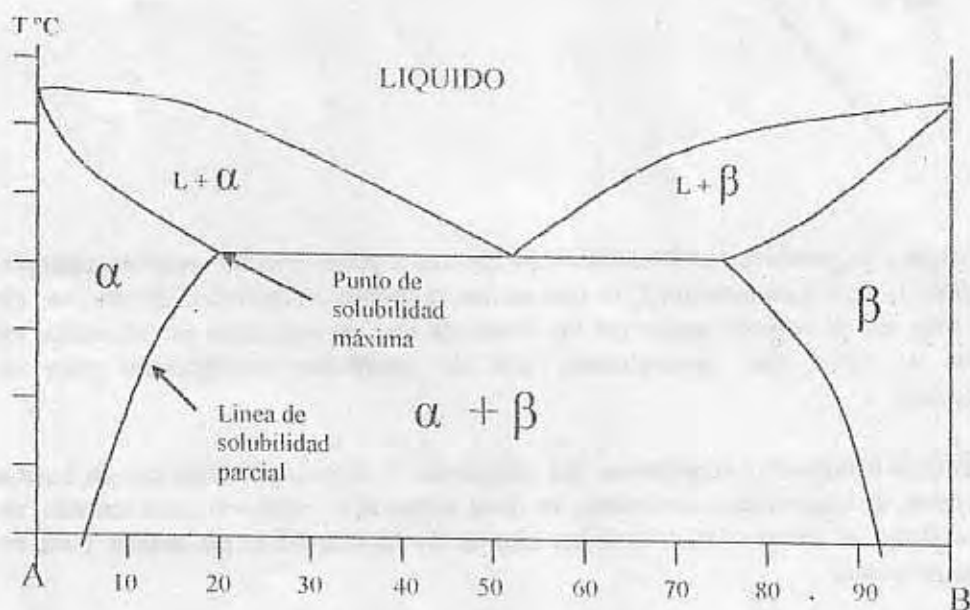
ALEACIONES TIPO III

PARCIALMENTE SOLUBLES

Es quizás el tipo de aleaciones más común entre los materiales aleados para usos industriales, se trata de la combinación de dos metales que tienen la característica de poder disolver al otro solamente en forma parcial, es decir en cantidades limitadas. Este fenómeno además es común a la mayoría de las sustancias naturales, por ejemplo el agua solamente puede disolver cantidades limitadas de azúcar o sal, su capacidad de disolver termina en la llamada saturación.

De igual manera los metales presentan este comportamiento, tienen también un punto de saturación para disolver otro metal, y este punto de saturación suele variar con los cambios de temperatura en forma proporcional, a mayores temperaturas los puntos de saturación son también mayores, lo que significa que al calentar las aleaciones, son mayores las cantidades o proporciones de metales disueltos, evidentemente en el enfriamiento bajan los puntos de saturación, y las cantidades de metales excedentes deben salir de la solución.

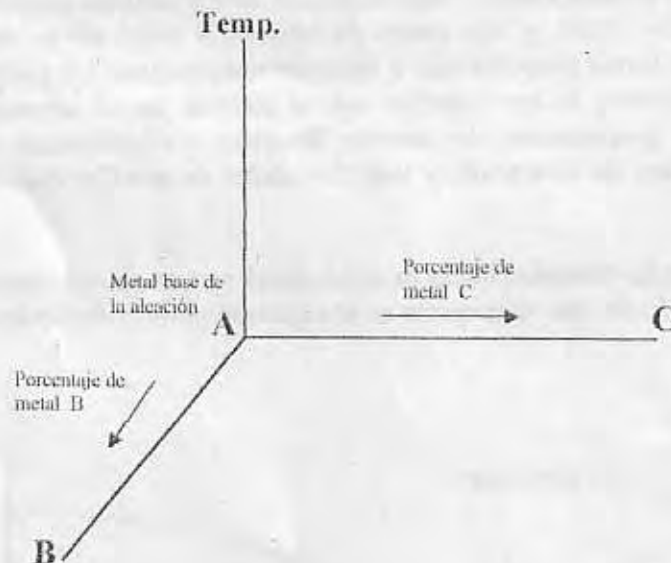
El fenómeno descrito forma las llamadas líneas de solubilidad parcial en los diagramas de fase de este tipo de aleaciones, que se aprecian en el siguiente gráfico, típico de estos casos:



ALEACIONES TERNARIAS

Se llaman así las combinaciones de tres metales, de las cuales existe comúnmente en las aplicaciones industriales muchas de ellas, incluso de más de tres metales. Para el estudio de este tipo de aleaciones se recurre a un sistema de diagramas de fase especial, que se desarrolla de la siguiente manera:

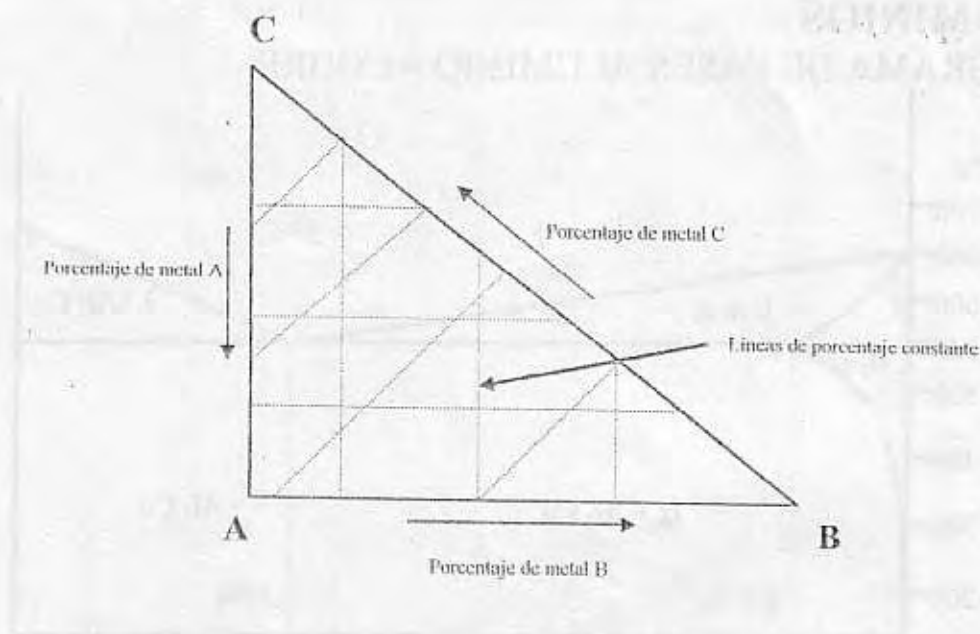
Evidentemente, siguiendo el sistema conocido para las aleaciones de dos metales, debe recurrirse a un tercer eje, espacial, para la representación de las cantidades o concentraciones del tercer metal, lo que resulta en un sistema de coordenadas ortogonales de tres dimensiones:



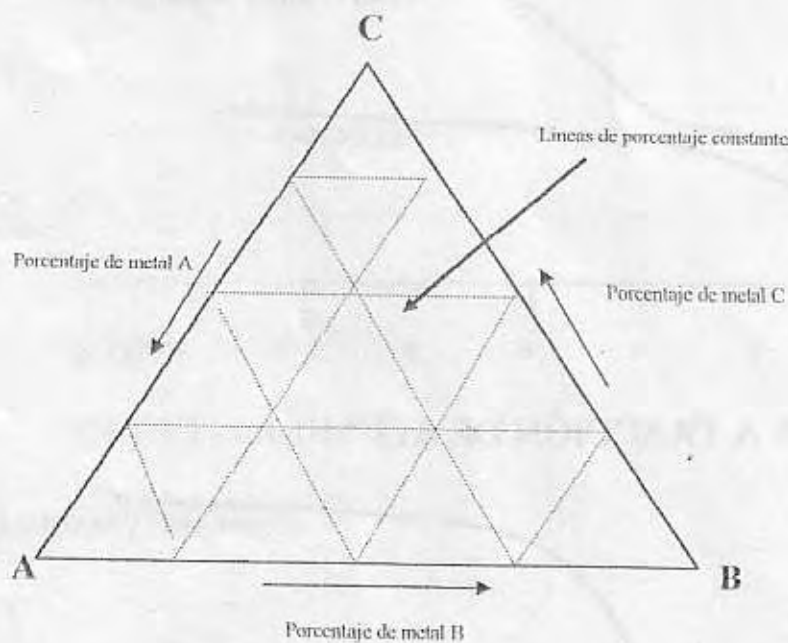
De esta manera las posibles combinaciones de los tres metales quedan representadas por un diagrama de fase tridimensional, lo que es naturalmente, complicado de graficar en el plano, más aun si consideramos que las líneas de fase en este caso se convierten en superficies de fases, que generalmente son de curvaturas complicadas para su representación.

Por lo tanto se acostumbra representar las soluciones o aleaciones ternarias, en base a dibujos planos de temperatura constante, es decir cortes del volumen representado, en planos paralelos al plano (A,B,C) a las alturas de temperaturas de interés para un estudio en particular.

Luego, representando el plano descrito se tiene que el conjunto de aleaciones posibles, y sus estados a temperatura constante, queda configurado en forma triangular:



En el diagrama así formado, resulta que las escalas de las composiciones en los tres ejes no son iguales, para esto se recurre a un arreglo que consiste en inclinar el eje de concentraciones o porcentajes de metal A en 60° , lo que conduce a diagramas de forma triangular equilátera, que son finalmente los diagramas de fase más usados en estos estudios:

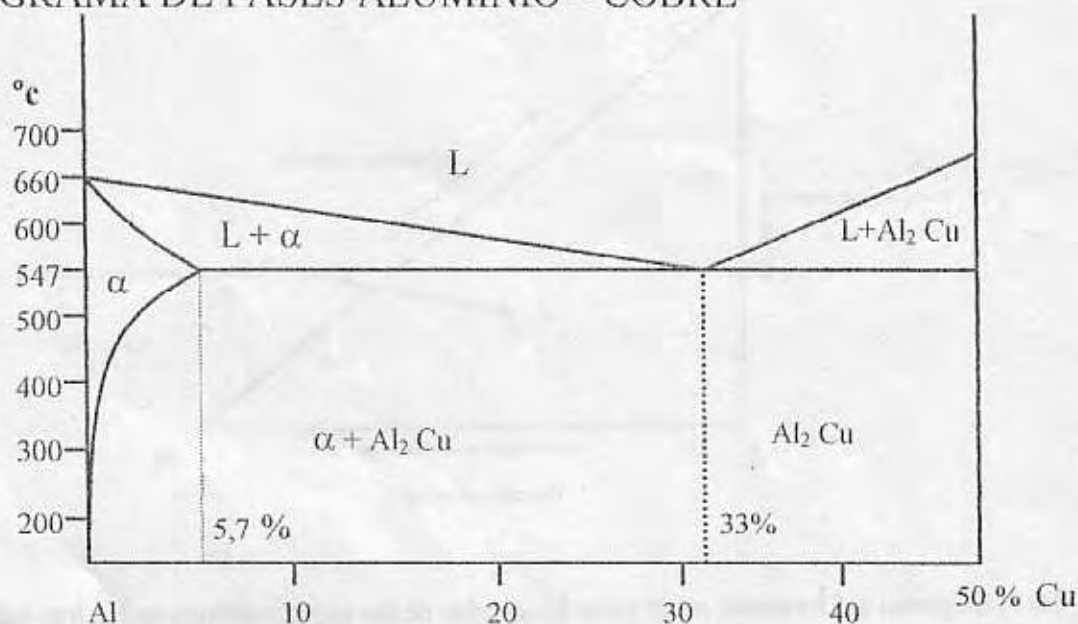


LECTURA RECOMENDADA:

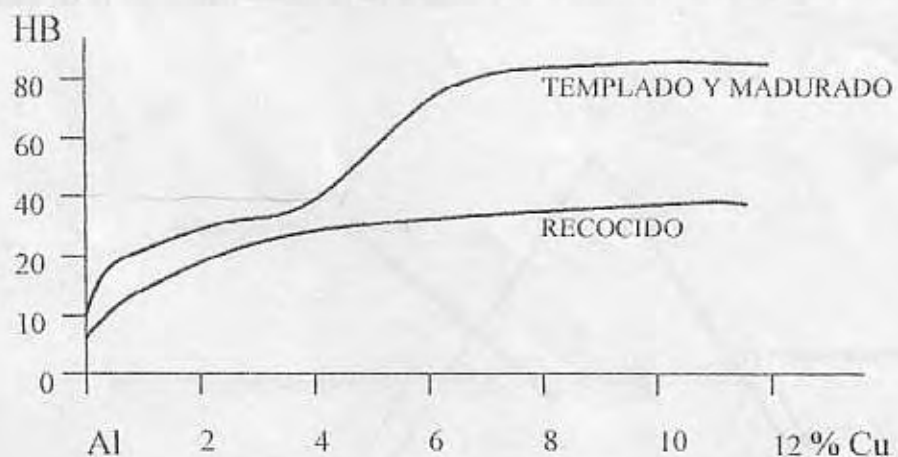
- SANCHEZ, LACERAS- Tecnología de los materiales industriales, CAP. VI y VII
- FINN-TROJAN—Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones, CAP 4 (de 4.1 a 4.10)

ALUMINIOS

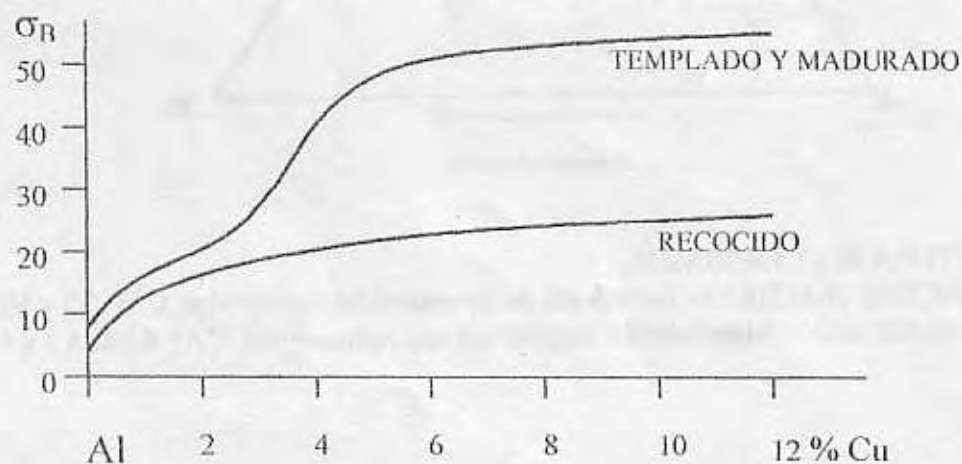
DIAGRAMA DE FASES ALUMINIO - COBRE



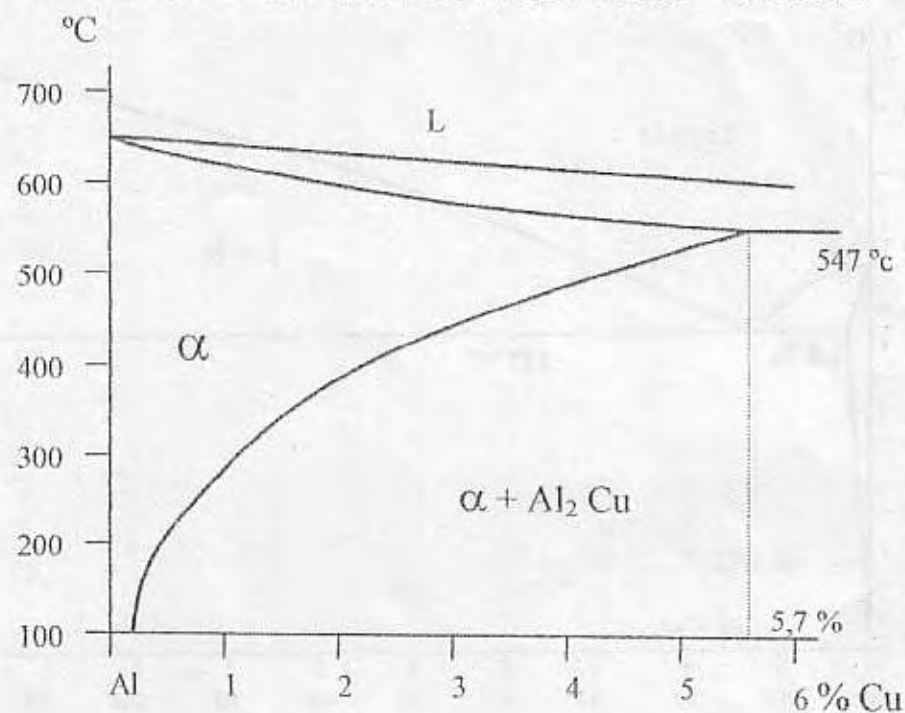
DUREZA DE ALEACIONES ALUMINIO - COBRE



RESISTENCIA A TRACCIÓN DE ALUMINIO - COBRE



TEMPERATURAS DE TEMPLE DE ALUMINIO - COBRE



PROPIEDADES MECÁNICAS DURALUMINIO Al - Cu - Mg

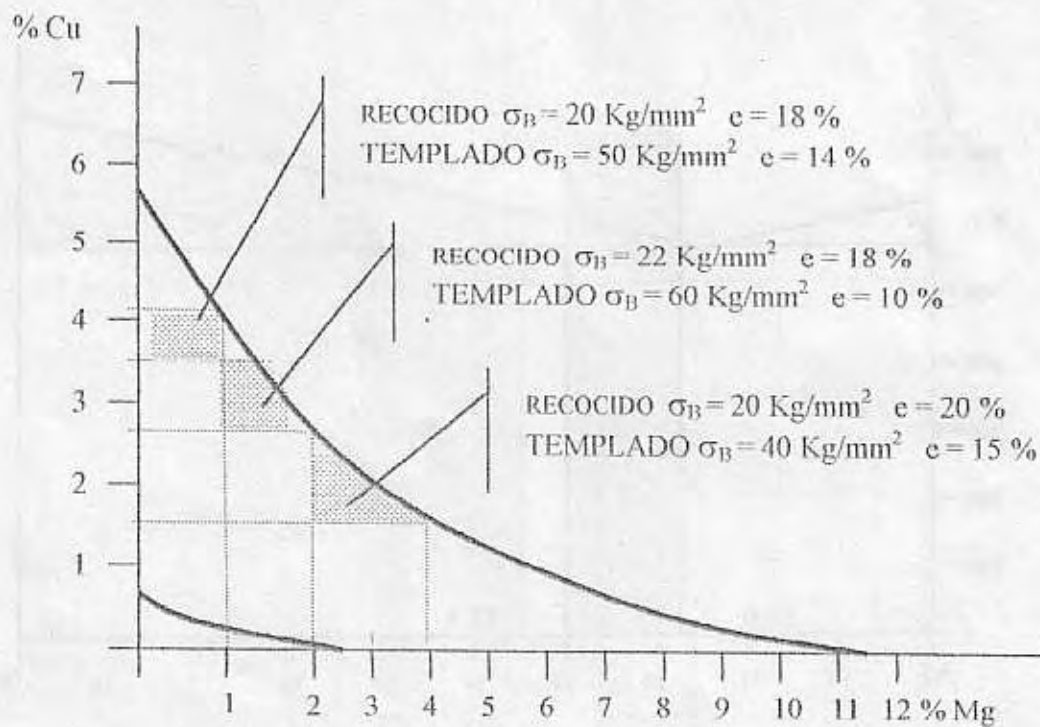
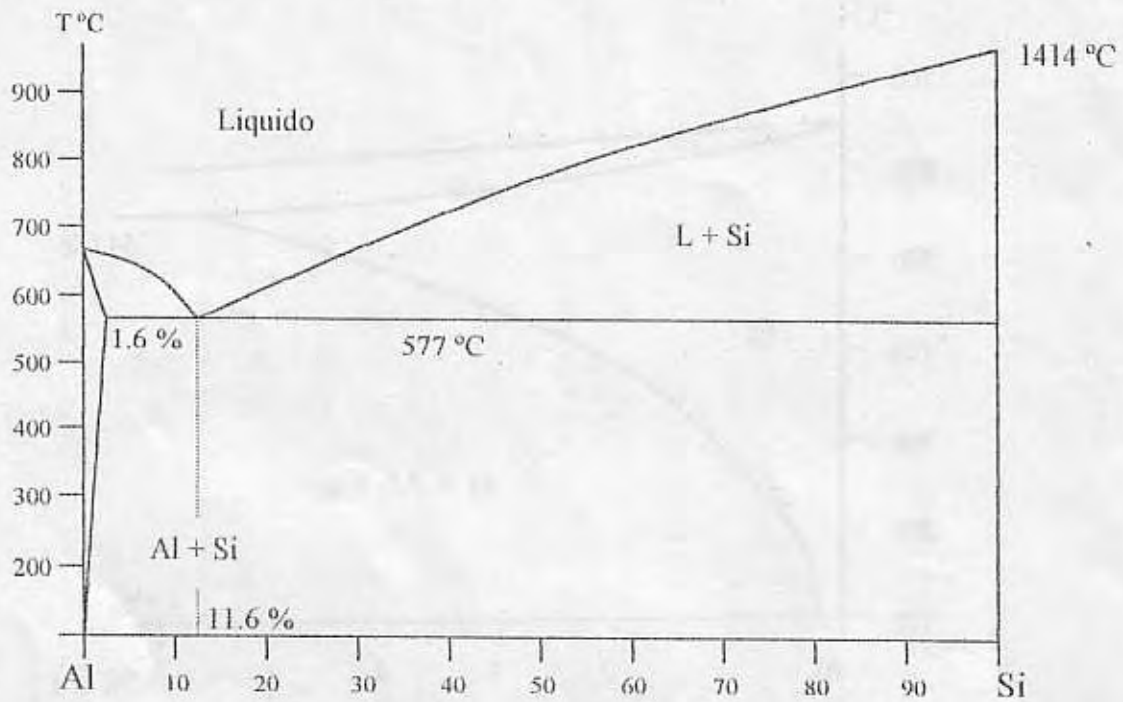
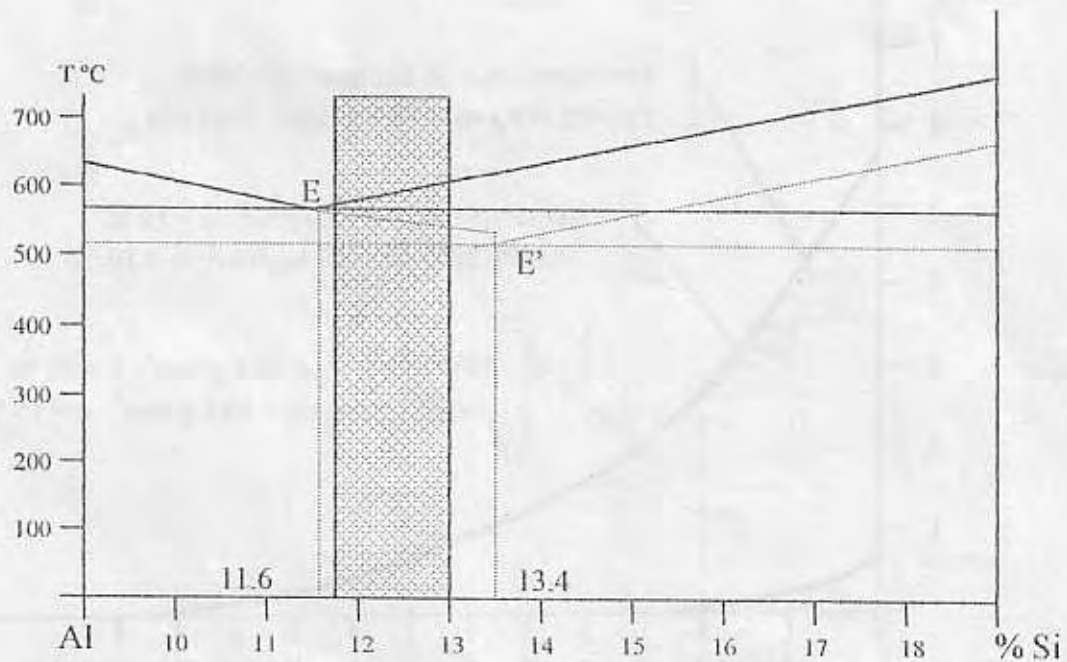


DIAGRAMA DE FASES Al - Si



SILUMINIO EUTECTICO PARA MOLDEO



— Sin Modificar
 Modificado con 1% ($\frac{2}{3}\text{NaF} + \frac{1}{3}\text{NaCl}$)

ALEACIONES DE ALUMINIO ENDURECIBLES POR TRATAMIENTO TERMICO

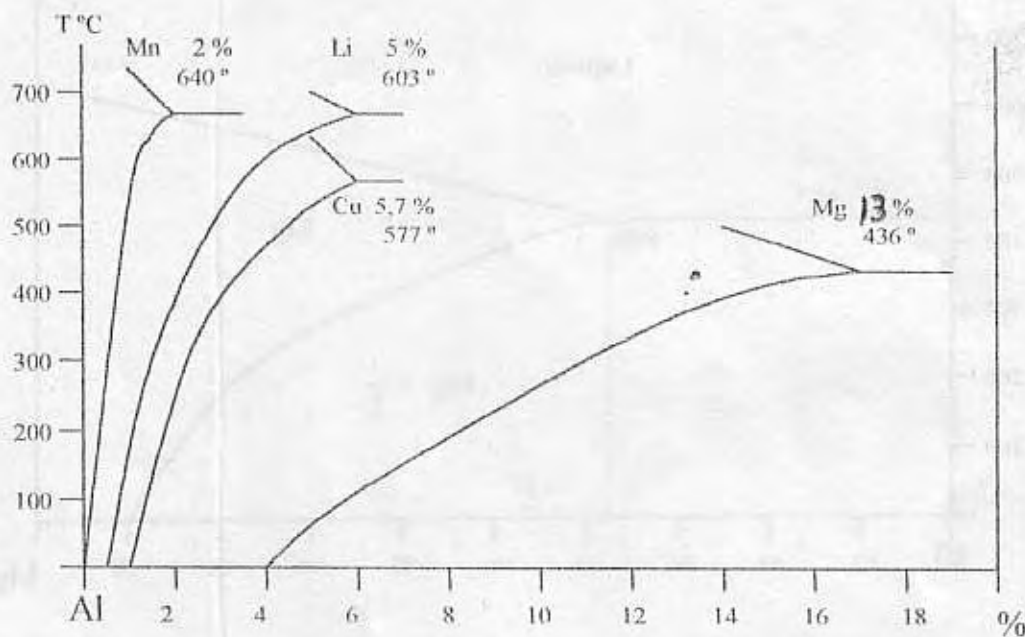
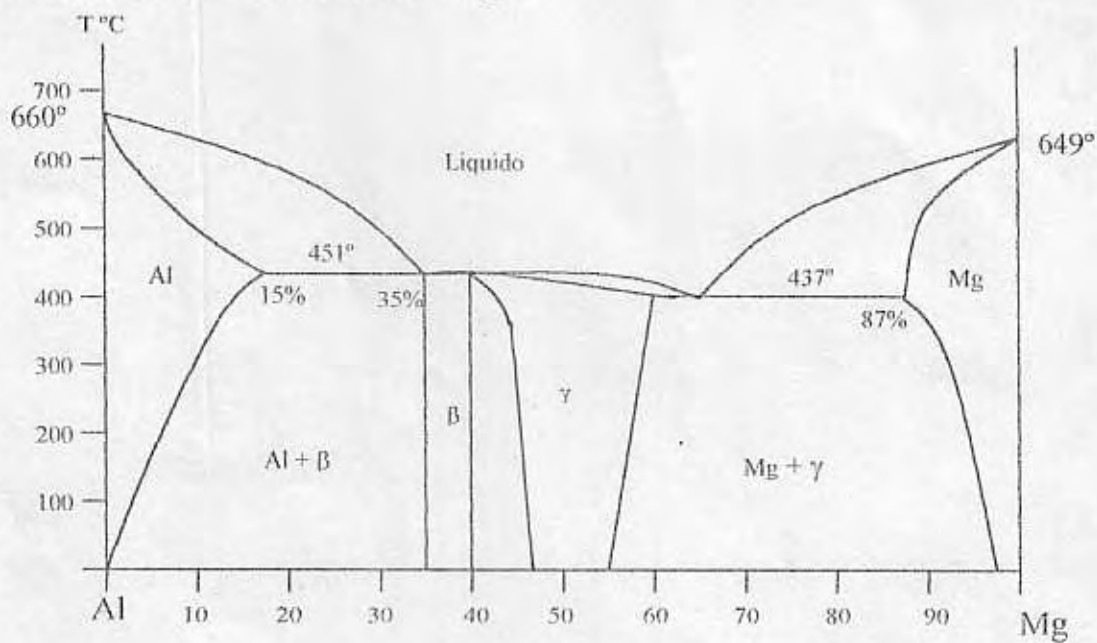
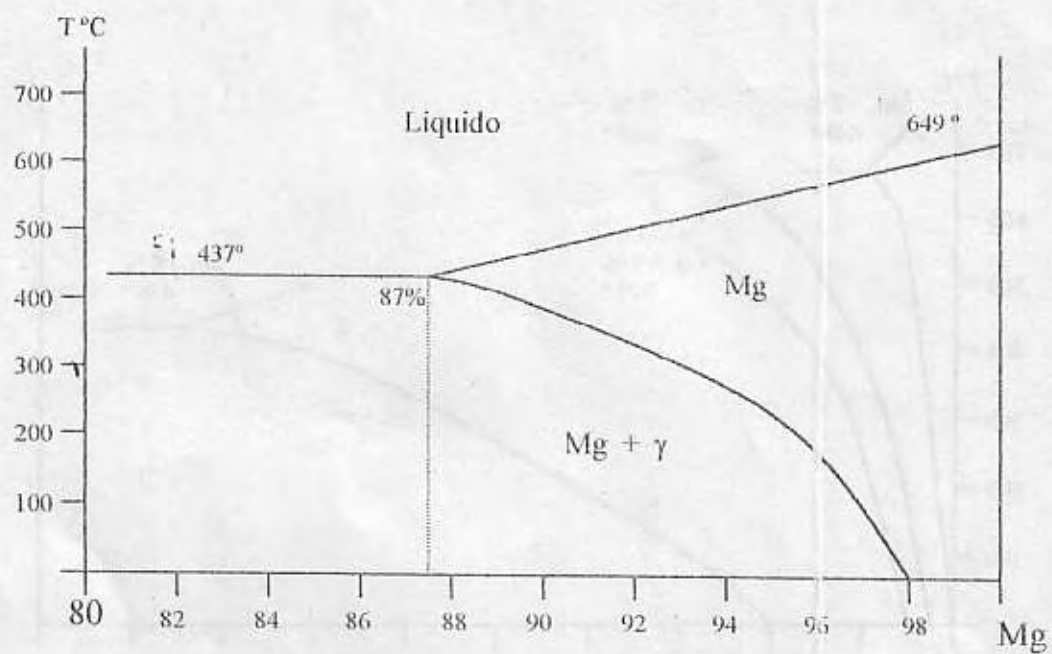


DIAGRAMA DE FASES Al - Mg



ALEACIONES DE ALUMINIO DE ALTO Mg TRATABLES TERMICAMENTE



COBRE Y LATONES

CONCEPTOS PREVIOS

COBRE: Metal obtenido a partir de yacimientos basados en sulfuros de cobre, tales como la calcopirita y calcosina; óxidos, como la cuprita y carbonatos de cobre como la malaquita y la azurita.

Para la obtención del cobre metálico existen básicamente 2 métodos metalúrgicos, la vía seca, que básicamente consiste en el afino por horno de reverbero y posterior afino por electrólisis, la vía húmeda, que obtiene el cobre metálico por procesos de disolución y precipitación, afinándose luego por electrólisis acuosa.

DEFINICIONES INDUSTRIALES:

COBRE METAL: cristalización del cobre en cúbica de cara centrada, que algunos casos puede llegar a pureza del 99,99%

COBRE BLISTER: Metal obtenido industrialmente por proceso de fusión y convertidores, alcanza purezas comerciales del 99,99%, es el referente comercial de precio internacional del cobre.

COBRE DE CASCARA: Metal obtenido por proceso de vía húmeda

COBRE DE AFINO: Metal obtenido por proceso de vía seca

COBRE ELECTROLÍTICO: Obtenido por electrólisis acuosa, con purezas de hasta 99,999 %, de características de conductividad eléctrica muy notables.

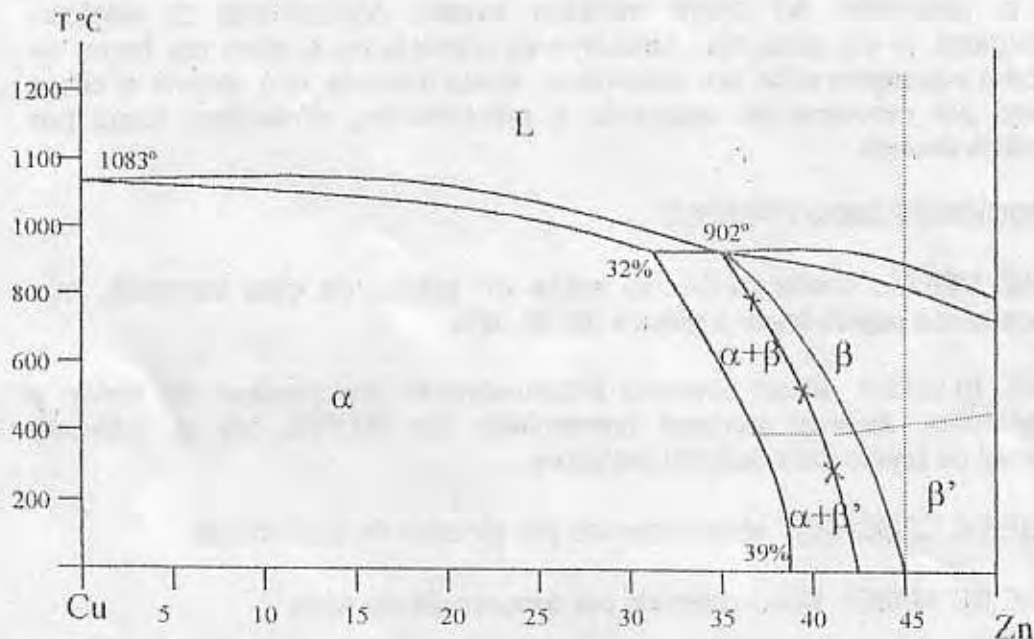
La resistencia a la tracción del cobre metálico varía desde 15 Kg/mm² hasta los 40 Kg/mm² desde fundido hasta laminado respectivamente, de igual forma su dureza es de 30 HB hasta 190HB, en tanto que su alargamiento de rotura va desde 20 % la 10% para los mismos estados.

El cobre puro suele someterse a tratamientos de diversas formas con objeto de modificar sus propiedades, uno de los tratamientos corrientes es el "tratamiento Mecánico" mediante los procesos de estirado, laminado, trefilado y otros de deformación en frío, suele obtenerse una resistencia a tracción de hasta 60 Kg/mm², Otros tratamientos corrientes del cobre son los recocidos de estabilización y contra acritud, los cuales buscan eliminar las tensiones internas del material, producto de las grandes deformaciones, fundamentalmente las realizadas en frío. El recocido de estabilización se realiza a temperaturas de hasta los 300°C, en tanto que el recocido contra acritud entre los 300°C y los 650°C por tiempos de hasta 2 horas, con lo que las durezas típicas de acritud (de alrededor de 130HB) se reducen a durezas de 50HB aproximadamente.

LATONES

Los latones son aleaciones de Cu con Cinc, en las que el Zn está presente en un máximo del 45% para tener aplicaciones industriales, ya que aleaciones más fuertes se tornan extremadamente frágiles.

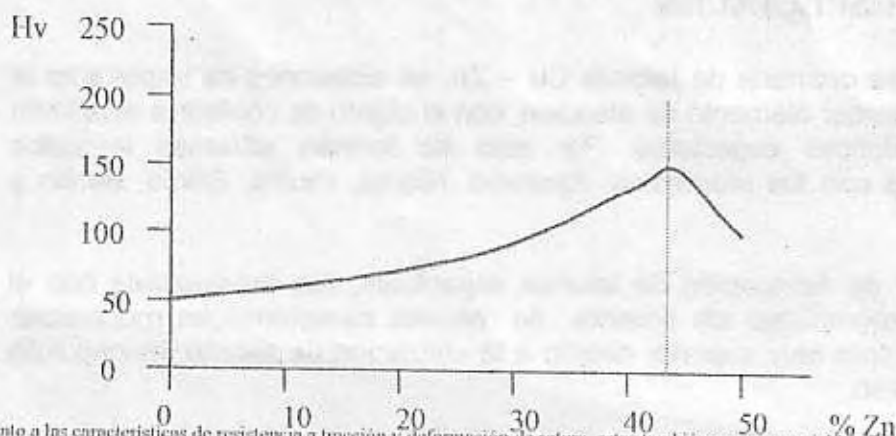
En la figura siguiente se representa la primera parte del diagrama de fases Cu - Zn, hasta el 50%Zn.



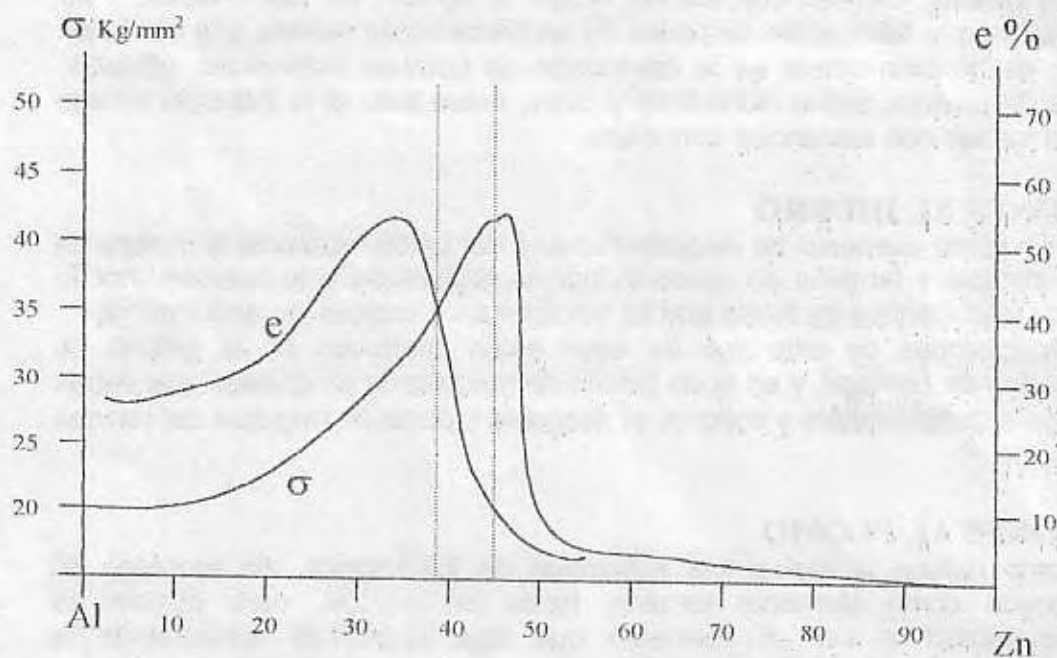
Las propiedades mecánicas de los latones son muy variadas, pero por lo general podemos afirmar que estas varían proporcionalmente a la cantidad de aleante de Zn que se tenga. En los siguiente gráficos se dan en forma aproximada los valores de las tres principales características mecánicas de los latones hasta con el 50% de Zn.

Los latones con contenido de Zn de menos del 39%, dadas sus condiciones mecánicas, son destinados a trabajos de forja, es decir a la fabricación de piezas mecánicas y elementos por métodos de arranque de viruta, laminado, conformado, trefilado y otros, ya que presentan una maquinabilidad alta y tendencia a un buen acabado superficial, junto con una fragilidad baja. Por otro lado, aquellos latones de mayor contenido de Zn que el 39%, son más frágiles y de mayor dureza, por lo que se destinan a trabajos por medio de la fundición, en cualquiera de los métodos, ya sea por colada en arena, coquilla, centrífuga, a la cera perdida etc.

DUREZA DE LOS LATONES



En cuanto a las características de resistencia a tracción y deformación de rotura, estas también son muy variables, especialmente respecto al proceso de fabricación del latón, y al estado y modo de trabajo, lo que quiere decir que los valores de estas propiedades varían si el latón ha sido colado en forma continua, o en vaciado, o si el latón está laminado en frío o caliente, si ha tenido un recocido de estabilización o no, lo mismo puede decirse del grado de pureza de sus componentes. Pero en forma general se puede aplicarse como referencia los valores que se indican en el gráfico siguiente:



LATONES ESPECIALES

Sobre una base ordinaria de latones Cu – Zn, en ocasiones es importante la adición de un tercer elemento de aleación, con el objeto de conferir a este latón unas características especiales. Por esto se forman sistemas terciarios corrientemente con los elementos: Aluminio, Níquel, Plomo, Silicio, Berilio y otros.

La tecnología de fabricación de latones especiales, fue desarrollada con el propósito de reemplazar los bronce, de mejores características mecánicas, pero con un costo muy superior debido a la utilización de estaño, mucho más costoso y escaso.

LATONES AL ALUMINIO

La aleación de Aluminio en el latón aumenta la resistencia a la rotura y sobre todo la resistencia a la corrosión, más que cualquier otro elemento de aleación, cuando se alea también con estaño, recibe el nombre de Latón Naval, y es empleado en la fabricación de partes de embarcaciones sujetas a la corrosión salina, es también usado en la fabricación de bombas hidráulicas, válvulas, ductos de presión, sellos hidráulicos y otros, sobre todo en la industria minera para el trabajo con sustancias corrosivas.

LATONES AL HIERRO

El hierro como elemento de aleación ternaria del Latón, aumenta la dureza en forma notable y también en grado menor, la resistencia a la tracción. Por lo general el porcentaje de hierro que se adiciona a los latones es menor al 1%. Las aplicaciones de este tipo de latón están centradas en la grifería, la fabricación de bombas, y en la de piezas de maquinaria en general que deben ser algo más resistentes y soportar al desgaste y abrasión más que los latones ordinarios.

LATONES AL PLOMO

El plomo reduce la resistencia a tracción de los latones, sin embargo es adicionado como elemento ternario, hasta en un 2%, para mejorar la maquinabilidad al ser un elemento que baja la dureza aumentando la plasticidad, y por consiguiente reduciendo grandemente la fragilidad del latón. El uso de estos latones esta dirigido a la fabricación de piezas generales de maquinaria que deben ser trabajadas por corte de metal, torneado, fresado, taladrado etc.

LATONES AL MANGANESO

El manganeso como elemento de aleación del latón, aumenta la resistencia a tracción y disminuye la ductilidad, aunque es escasamente usado como elemento ternario en los latones, se tienen ejemplos de alto porcentaje de Mn, uno de estos casos es la *Mangalcapa*, aleación de similares características que la plata alemana o que la alpaca, con usos principalmente decorativos. El

porcentaje de Manganese que se aplica a los latones por lo general no pasa del 5%.

LATONES AL ESTAÑO

El estaño aumenta la resistencia a tracción de los latones y aumenta también la resistencia a la corrosión, pero no puede emplearse en porcentajes mayores al 10%, ya que a partir de este la aleación se torna muy frágil, debido a la presencia de la fase gamma.

Una de las aleaciones más conocidas de este tipo es la que contiene 71% Cu, 28% Zn, 1,2% Sn, presentando un bajo costo y buenas características mecánicas ($\sigma = 40 \text{ Kg/mm}^2$ y $e = 25\%$) y anticorrosivas, por lo que se emplea para la fabricación de tubos de condensadores, enfriadores y en general para trabajos en caliente.

Otra aleación corriente de este tipo es llamada también latón naval, que está compuesta por 60% Cu, 39,25 %Zn, y 0,75% Sn, que es de alta resistencia a la corrosión con buenas propiedades mecánicas ($\sigma = 30 \text{ Kg/mm}^2$ y $e = 45\%$)

LATONES AL SILICIO

El silicio es un elemento que modifica grandemente las características del latón, por lo que bastan pequeñas cantidades (hasta un 1,5%) para provocar grandes cambios.

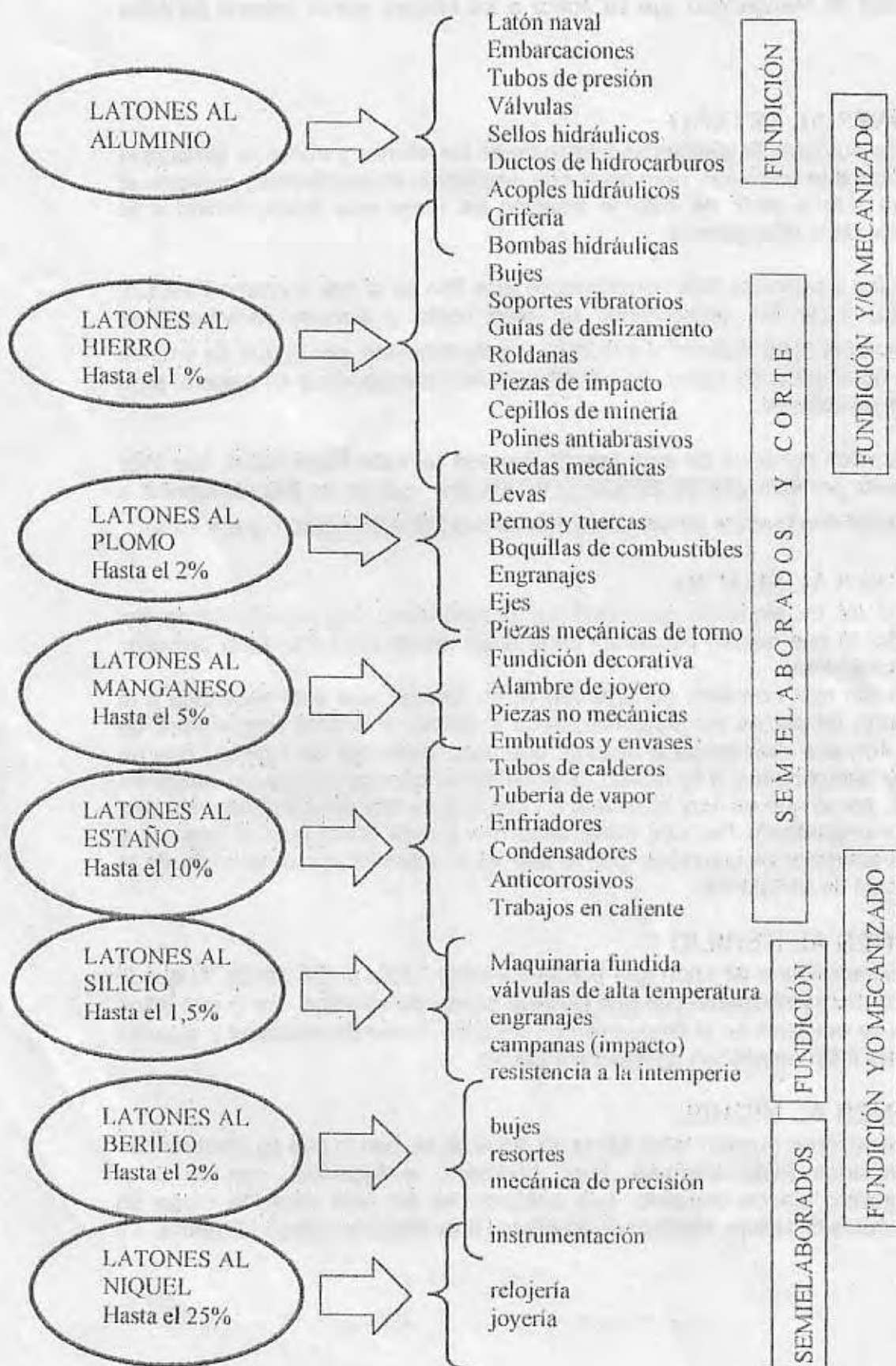
La aleación más conocida de este tipo es el *Bronsil*, que esta destinada a la fabricación de piezas por fundición, dada la fluidez y la baja temperatura de fusión, con una resistencia a tracción que llega hasta los 60 Kg/mm^2 con un 17% de alargamiento a la rotura, características que se mantienen hasta los 300°C , por lo que es muy solicitada en trabajos de alta temperatura, válvulas, bujes, y engranajes. Por otra parte tiene una buena resistencia al impacto y buenas condiciones acústicas, por lo que es el material por excelencia de la fabricación de campanas.

LATONES AL BERILIO

Caso extraordinario de latón que puede contener hasta el 2% de Be, lo que le da alta dureza juntamente con una elevada capacidad elástica, por lo que estos latones se emplean en la fabricación de resortes, bujes de precisión y algunas piezas de instrumentación de alta sensibilidad.

LATONES AL NIQUEL

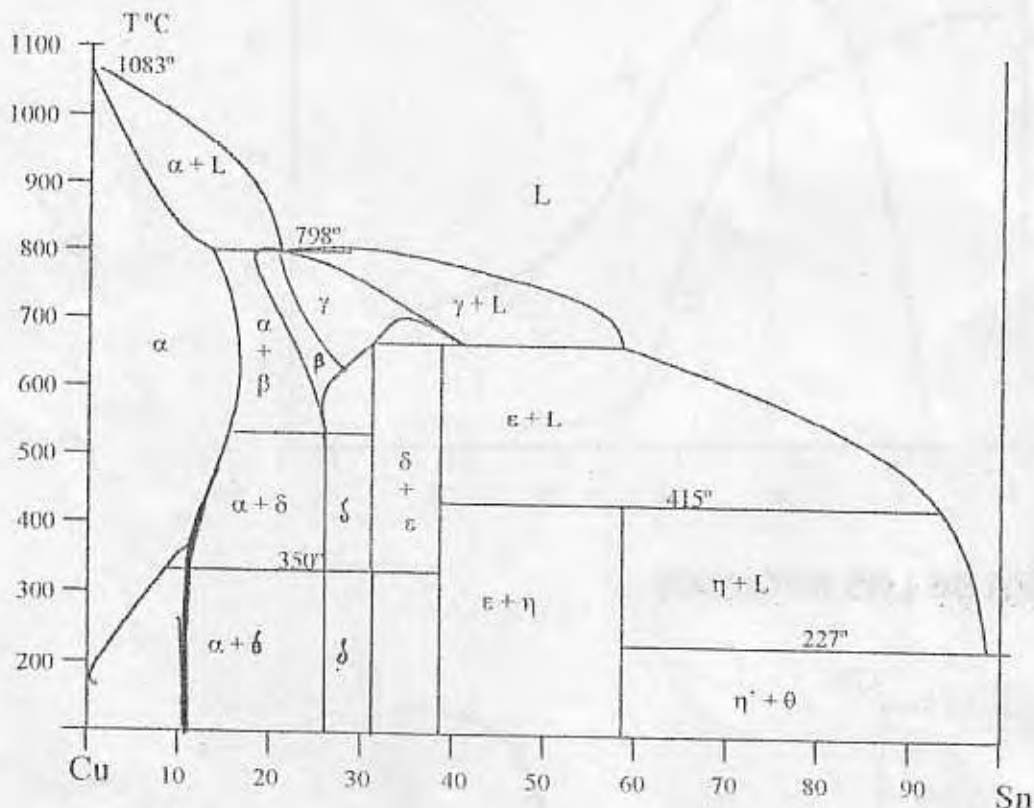
Estas aleaciones pueden tener hasta un 25% de Ni, con lo que se comprenden las conocidas Plata alemana, Plata Meneses, o Argentan, con un color característico blanco plateado. Las aplicaciones de esta aleación están en instrumentos de dibujo, tornillos de mecánica fina, relojería, y joyería barata.



BRONCES

Se denominan bronce las aleaciones de Cobre y Estaño, aunque este nombre se ha extendido actualmente a todas las aleaciones de Cu con todos los otros metales, a excepción del Zinc, las cuales se llaman Latones.

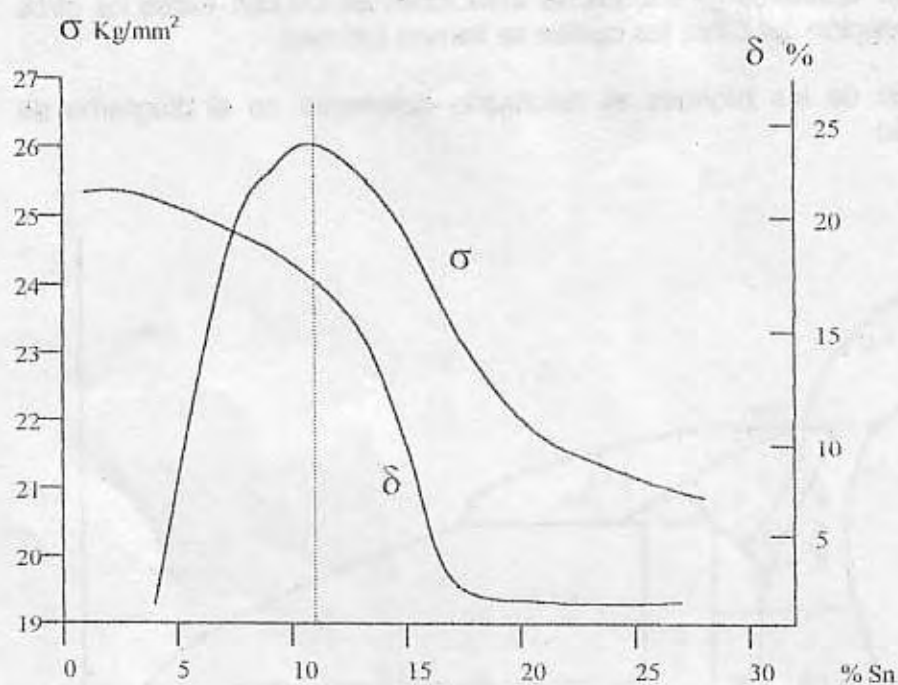
Para el estudio de los bronce es necesario detenerse en el diagrama de estado Cu - Sn



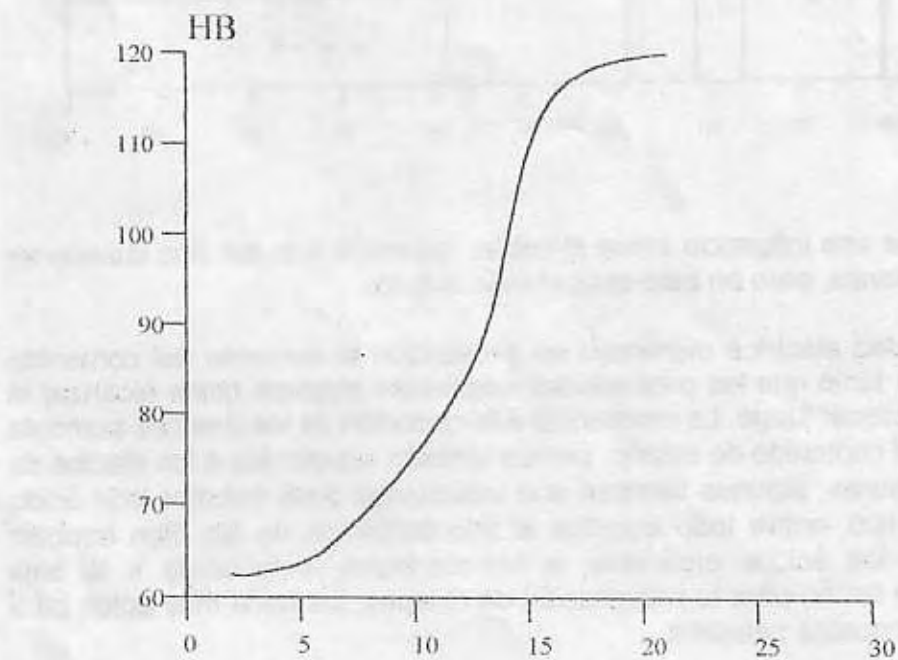
El estaño tiene una influencia sobre el cobre, parecida a la del cinc cuando se construyen latones, pero en este caso el más notable.

La conductividad eléctrica disminuye en proporción al aumento del contenido de estaño, en tanto que las propiedades mecánicas mejoran hasta alcanzar el 11%, para decrecer luego. La resistencia a la corrosión de los bronce aumenta al aumentar el contenido de estaño, siendo también resistentes a los efectos de altas temperaturas, algunos bronce son adecuados para trabajos con ácido nítrico y sulfúrico, sobre todo aquellos al alto contenido de Sn. Son también resistentes a los ácidos orgánicos, e hidrocarburos, esto unido a la baja tendencia que tienen para la provocación de chispas, los hace muy aptos para el trabajo en industria petrolera.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS BRONCES



DUREZA DE LOS BRONCES



Los bronce se clasifican en dos grandes grupos, los ordinarios y los especiales. Los primeros son aquellos que solamente contienen Cu y Sn, en tanto que los especiales pueden tener otros elementos de aleación, tales como: aluminio, magnesio, níquel, plomo, silicio, o berilio.

No obstante los bronce ordinarios que en el proceso de fabricación han sido desoxidados con fósforo y que por lo tanto contienen algún porcentaje de este, (0,1 al 0,25 %) tienen una excelente fluidez para el moldeo por lo que se pueden vaciar con ello las piezas de gran preescisión mecánica.

Dentro de los bronce ordinarios, también se consideran los bronce grafitados, aunque en bajos porcentajes el grafito no modifica las propiedades mecánicas, les da una excelente maquinabilidad y propiedades autolubricantes, por lo que su uso es adecuado para bujes de baja velocidad y tensiones, ya que pueden reemplazar con ventaja económica a los cojinetes.

TEMPLE Y REVENIDO DE LOS BRONCES

En forma análoga al tratamiento de los aceros, en los bronce puede lograrse un *temple martensítico*, el que se realiza con los bronce ordinarios con 15 a 25 % de Sn y desde temperaturas de temple de los 750°C (ej. para el Cu Sn26,). Normalmente el enfriamiento del temple es en agua a temperatura ambiente. La composición de este bronce templado, esta formada por un eutectoide de $\alpha + \beta'$, de aspecto similar a la martensita del acero, siendo frágil y de alta dureza.

El Revenido de los bronce se realiza a temperaturas de 200°C a 500°C, con lo que se logra disminuir la dureza y aumentar la plasticidad.

En las tablas de propiedades mecánicas de los bronce se dan valores de estados recocido, templado y revenido del 50%, es decir las propiedades extremas y una de revenido de aplicación media industrial.

BRONCES ESPECIALES

BRONCE AL ALUMINIO

Están aleados con hasta un máximo del 12 % de Al y en ocasiones con otros elementos en menores cantidades, particularmente se incrementa la conductividad eléctrica, mecánicamente puede llegar a tener 35 Kg/mm² de resistencia a tracción. De muy buena maquinabilidad y con un 3% adicional de Fe mejora notablemente su resistencia a la corrosión.

Los campos más amplios de aplicación de los bronce al Al se encuentran en la fabricación de piezas y partes automotores, bisutería, ornamentación, monedas, válvulas, contactores eléctricos, piezas de bombas y algunas construcciones navales.

BRONCES AL MANGANESO

La característica más notable de las aleaciones de Cu y Mn, es la propiedad que le confiere el Mn de mantener las características mecánicas en alta temperatura, hasta los 450 °C.

Los tipos mas corrientes de este bronce,, los de 5 a 6 % de Mn, son materiales empleados por sus propiedades en la fabricación por estampado.

Cuando esta aleación esta compuesta además por níquel, (Cu Mn 12 Ni 2) es usada en la fabricación de instrumentos eléctricos y electrónicos ya que presenta muy baja variación de propiedades con los cambios de temperatura, al a ves que su conductividad eléctrica se mantiene elevada.

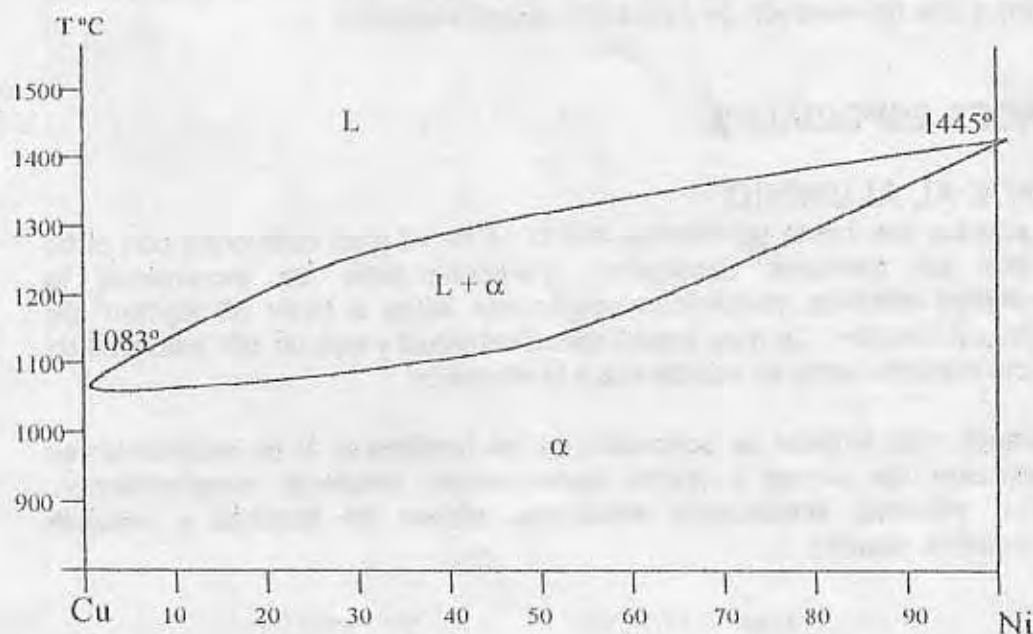
Otra aleación notable dentro de este bronce, es la llamada Isabellin,, empleada para la fabricación de resistencias eléctricas, la que contiene Mn hasta 20%, y Al hasta 10%.

Otra aleación industrial es la que contiene además silicio, (Cu Mn 10 Si 3) la que se emplea para alabes de turbinas, piñones, cojinetes y piezas mecánicas de alta sollicitación.

BRONCE AL NIQUEL

Es uno de los broncees más estables y comerciales dentro de la industria mecánica y eléctrica, se trata de una aleación totalmente soluble en estados líquido y sólido, teniendo un diagrama de fases simple:

DIAGRAMA DE FASES Cu - Ni



Las aleaciones de Cu – Ni tienen una extensa aplicación, una de las más conocidas es la *Niquelina* (Cu Ni32) destinada a la fabricación moderna de resistencia eléctricas para caldeo. Otra de las aleaciones comerciales es el llamado *Constantan* (Cu Ni40) destinado a termocuplas, instrumentos de medición eléctricos.

Cuando las aleaciones de Cu Ni se adicionan además elementos como el cinc, se obtienen las conocidas *Alpacas* o Plata alemana o Plata falsa, que contienen del 12 al 22 de Ni y de un 18 al 23 % de Zn. Estas alpacas pueden llegar a una resistencia a tracción del orden de 60 Kg/mm^2 con unas durezas de hasta los 200 HB, de este bronce es que están hechos los instrumentos musicales de viento.

BRONCES AL PLOMO

Estas Aleaciones contienen hasta un máximo de 40% de Pb, a la vez que por lo general llevan también hasta un 10% de Sn, lo que les confiere una gran plasticidad a la vez que una dureza adecuada para las aplicaciones mecánicas. De este bronce están hechos los cojinetes para aplicaciones en condiciones de vibración, impactos y resistentes a la fatiga.

BRONCES AL SILICIO

El Si se adiciona con el principal objeto de bajar la temperatura de fusión (de 1083 a 802°C) para un contenido de Si del 16%, además que se aumenta la resistencia del Cu a la tracción.

Las aleaciones de hasta un 1,5% de Si, llegan a tener una resistencia a tracción de 50 Kg/mm^2 , y sus aplicaciones están principalmente en la fabricación de cable telefónico.

Una de las aleaciones mas usadas industrialmente es la compuesta por 3,25% de Si, 1,5%Zn y 0,5 Sn, que tiene una resistencia tracción de 80 Kg/mm^2 con una dureza de 175 HB, por lo que se emplea para piezas de alta responsabilidad y resistentes a la corrosión.

BRONCES AL BERILIO

El berilio confiere al bronce una elevada dureza, resistencia y por sobre todo una elasticidad que los hace muy propios para la fabricación de resortes, como res: resortes de contactores eléctricos, resortes porta escobillas, muelles para válvulas de motor, membranas elásticas para instrumentos, herramientas antichispas, ruedas dentadas, y otros.

ALEACIONES ESPECIALES

ANTIFRICCIÓN Y SOLDADURA

Se llaman aleaciones antifricción aquellas que se emplean en la fabricación de elementos mecánicos destinados a reducir el rozamiento entre piezas mecánicas, como por ejemplo en la fabricación de cojinetes de motores y sujeción de ejes, cualquiera sean las condiciones de trabajo, ya que existen metales antifricción para todas las solicitaciones.

Con esta fin se utilizan la Fundición, el bronce y las aleaciones fusibles a base de plomo, estaño, cinc y aluminio, las que son llamadas Babbit.

A pesar de que cada vez se usan más los cojinetes de rodadura, Rodamientos, los cojinetes de deslizamiento también representan una gran parte de la industria, con ventajas económicas.

El metal para los cojinetes de deslizamiento, debe tener las propiedades siguientes:

1. El coeficiente de rozamiento con la superficie del acero debe ser lo más bajo posible
2. Las dos superficies que rozan deben desgastarse poco
3. Este material debe soportar presiones suficientemente altas.

Las dos primeras condiciones se cumplen cuando las superficies están separadas por una película de lubricante, si la estructura del casquillo no es homogénea y está formada por inclusiones duras y matriz blanda, al cabo de un corto plazo de funcionamiento, (ajuste) en la superficie del casquillo se forma un micro relieve, las inclusiones duras sobresalen y entre el acero y el casquillo se crea un espacio en el cual se mantiene en lubricante.

Esta estructura la tienen las estructuras de estaño y las de plomo. Pero estas aleaciones, debido a su baja resistencia mecánica no pueden soportar grandes presiones, y a causa de su baja temperatura de fisión, calentamientos relativamente pequeños.

En la construcción de máquinas modernas, como ya se dijo, para los casquillos de los cojinetes se emplean fundiciones, bronce y Babbit.

Los casquillos de fundición se hacen de Fundición Gris Perlítica, este es el material para casquillos más económico, puede soportar presiones relativamente grandes, pero como el coeficiente de rozamiento del par acero – fundición es mayor que el del par bronce – acero o Babbit – acero, los casquillos de fundición no deben emplearse en motores rápidos.

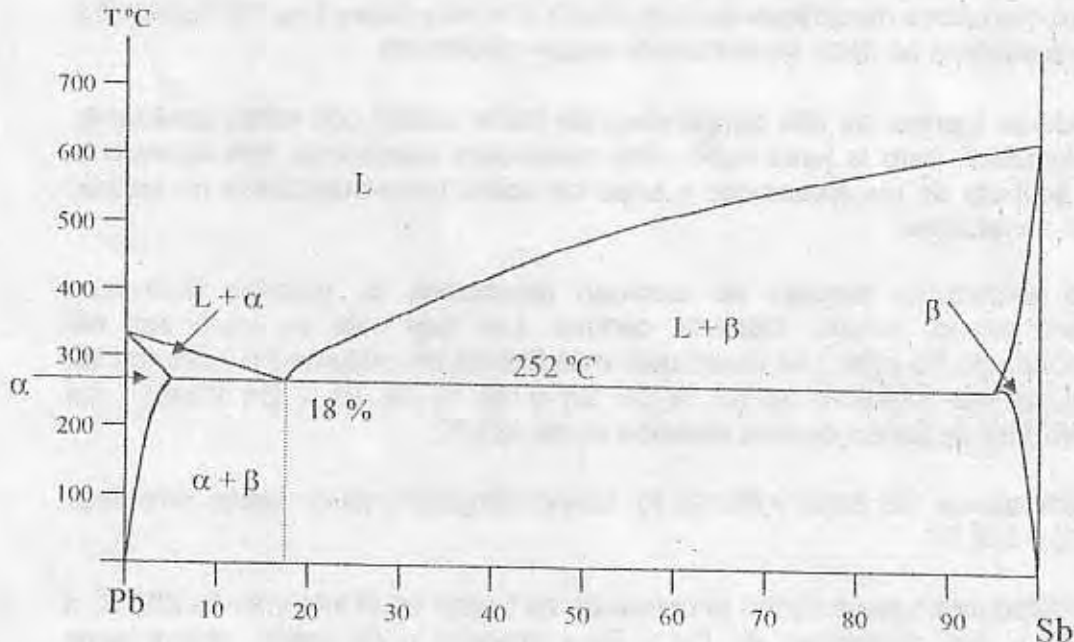
Los casquillos de bronce se fabrican de bronce al estaño o al plomo. En virtud de que la estructura del bronce no es homogénea, (en el bronce al estaño la solución sólida α es la matriz blanda, y la eutectoide $\alpha+\delta$ constituye las inclusiones duras), el lubricante se mantiene bien en la superficie del casquillo. Los bronce tienen gran resistencia mecánica. Lo que acabamos de decir permite utilizar los casquillos de bronce en cojinetes de responsabilidad que trabajen en condiciones duras,(Grandes presiones y revoluciones).

Si se utilizan aleaciones para cojinetes muy blandas y fusibles, los muñones de eje se desgastan menos. Los metales Babbitt tienen además un coeficiente de rozamiento con el acero mínimo y retienen bien el lubricante. Por esto, junto a las fundiciones y los bronce en la industria constructora de maquinaria se emplean mucho para hacer los cojinetes las aleaciones fusibles a base de estaño, plomo, cinc y aluminio.

ALEACIONES FUSIBLES PARA COJINETES (BABBIT)

Como aleaciones fusibles para cojinetes se utilizan las de los sistemas Pb – Sb, Sn – Sb y Pb – Sn – Sb, así como las aleaciones Babbitt a base de cinc con adiciones de Cu y Al, y a base de Al (con adiciones de Cu Ni y Sb).

El sistema Pb – Sb en su forma real (teniendo en cuenta la solubilidad del Sb en el Pb y la del Pb en el Sb) se da en la siguiente figura:



La dureza del Plomo es HB 3, y la del Antimonio alrededor de HB 30. La eutéctica está constituida por el 13% de Sb y 87% de Pb y su dureza es de HB8 es evidente que las aleaciones hipo eutécticas, es decir las de estructura eutécticas + Pb, son demasiado blandas, y las mejores son las aleaciones

hiper eutécticas, que contienen del 16 al 18 % de Sb . La matriz blanda es la eutéctica, y las inclusiones duras los cristales de antimonio, cuya cantidad constituye alrededor del 5 % del volumen total de la aleación.

En el sistema Sn – Sb, el estaño tiene poca dureza (HB 5) . La composición óptima será la de la aleación formada por el 13 % de Sb y el 87 % de Sn, cuya estructura tiene 2 fases, $\alpha + \beta'$, siendo α una solución sólida a base de Sn, (matriz blanda) y β' una solución sólida a base del compuesto inter metálico Sn – Sb inclusiones duras.

La aleación Pb – Sn – Sb para estos cojinetes tiene como matriz blanda la solución sólida a base de Pb y de inclusiones duras hace las veces el compuesto Sn – Sb. Estas aleaciones suelen contener cierta adición de Cu, la cual por una parte disminuye la segregación debida a la densidad y , por otra, forma el compuesto Cu_3Sn , que desempeña el papel de inclusiones duras.

La estructura típica de la aleación Babbitt Sn-Sb-Cu (Sn Sb11 Cu6) en la que se ven inclusiones cúbicas de compuesto Sn Sb y otras de compuesto Cu_3Sn . Si la aleación se calienta se forman inclusiones más gruesas y empeora la calidad de la Babbitt.

ALEACIONES PARA SOLDADURA

Hay dos tipos de aleaciones para soldar: soldaduras blandas, de baja temperatura de fusión que solo aseguran la hermeticidad de la junta soldada; las características mecánicas de esta última son muy bajas ($\sigma_b = 6 \text{ Kg/mm}^2$) y la pieza soldada no debe someterse a cargas mecánicas.

Soldaduras fuertes, de alta temperatura de fisión; soldar con estas aleaciones es más difícil, pero la junta tiene altas cualidades mecánicas. Por ejemplo la junta soldada de las aleaciones a base de cobre tiene cualidades no peores que el metal base.

Como soldaduras blandas se emplean aleaciones de metales fácilmente fusibles: plomo, estaño, bismuto, cadmio. Las que más se usan son las aleaciones de Pb y Sn. Las aleaciones más fisibles del sistema Pb – Sn son las eutécticas que contiene el 62 % de Sn y 38 % de Pb (Sn Pb38) . La temperatura de fusión de esta aleación es de 183 °C .

Las soldaduras Pb Sn40 y Pb Sn 30, tienen temperaturas de fusión más altas 235 °C y 256 °C.

Las soldaduras fuertes tienen temperatura de fusión en el intervalo de 800 °C a 900 °C y son aleaciones de Cu y Zn (latones) o de cobre, cinc y plata (soldadura de plata). Esta última se utiliza para soldar aparatos eléctricos cuando la conductividad eléctrica de la junta no debe ser menor que la del metal base.

ALEACIONES FISIBLES

Pertenecen a este grupo las aleaciones cuya temperatura de fisión es inferior a 230 °C (es decir más baja que la de fusión del estaño). Los componentes de estas aleaciones son metales que tienen temperatura de fusión baja (plomo, estaño, bismuto, indio y mercurio). Los componentes fácilmente fusibles se eligen, por lo general de manera que, combinándolos aseguren la formación de eutéctica con múltiples componentes, constituida por dos, tres o más fases.

ALEACIONES CORRIENTES FUSIBLES

ALEACION	USOS
Sn Zn 9	Soldadura de estaño
Sn Pb 38	Soldadura plomo estaño
Sn Pb 30 Bi 20	Sold. De plomo fuerte
Bi Sn 19 Pb 31	Sold. De plomo fuerte
Cu Zn 24 Ag 10	Soldadura de plata
Cu Zn 37 Ag 6	Soldadura de plata

Las aleaciones fusibles se utilizan por ejemplo para diversos tipos de corta circuitos y zapatas, como soldaduras especialmente fáciles de fundir y como material para sacar vaciados anatómicos, etc.

A estas aleaciones pertenecen las soldaduras de estaño y de plomo.

OTRAS ALEACIONES NO FERREAS

EL CINC Y SUS ALEACIONES

El cinc es un metal con baja temperatura de fusión (419 °C) . La resistencia mecánica del cinc es baja ($\sigma_b = 15 \text{ Kg/mm}^2$) y su plasticidad es alta ($\delta = 50 \%$). Su red cristalina es hexagonal, carece de transformaciones alotrópicas.

El cinc se emplea. Para galvanizar en caliente o por electrólisis para chapas de acero, en la industria de artes gráficas para la fabricación de pilas eléctricas y otros. Se usa también como aditivo en diversas aleaciones, en primer lugar en las de cobre (latones y otras) y como base de las aleaciones de cinc, como las soldaduras mencionadas y aleaciones Babbitt, y metales de imprenta.

De acuerdo con el diagrama de estado Al – Zn, la solución sólida α sufre a 275 °C la descomposición eutécticoide $\alpha_2 - \alpha_1 + \beta$ y la solubilidad del cinc en el aluminio disminuye bruscamente a medida que desciende la temperatura por debajo de 275 °C. Así pues la estructura de las aleaciones de cinc con el 5 al 10 % de Al, son las hipoeutécticoide $\beta +$ eutécticoide ($\alpha + \beta$). Si el enfriamiento es rápido, la reacción de descomposición eutécticoide puede no producirse; la fase α_2 se sub. enfría hasta temperaturas bajas, en este caso la estructura es

inestable y los cambios que ocurren, (descomposición de la fase α_2 subenfriada) hacen que varíen las dimensiones de los objetos, lo que es indeseable sobre todo cuando se trata de piezas de fundición muy exactas (colada a presión). La adición de magnesio alrededor de (0,1%) disminuye la velocidad de descomposición de la solución α_2 y por lo tanto estabiliza las dimensiones.

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS ALEACIONES DE CINC INDUSTRIALES

ALEACIÓN	σ_B Kg/mm ²	δ %	HB	USOS
Zn Al4 Mn 0,05	27	5	80	Colada A presión
Zn Al4 Cu1 Mn0,05	30	4	90	Colada A presión
Zn Al 4 Cu 3 Mn 0,05	36	3	100	Colada A presión
Zn Cu1	30	35	60	Chapas y perfiles laminados
Zn Al 15 Mn 0,03	30	25	80	Chapas y perfiles laminados

ALEACIONES DE HIERRO, EL ACERO

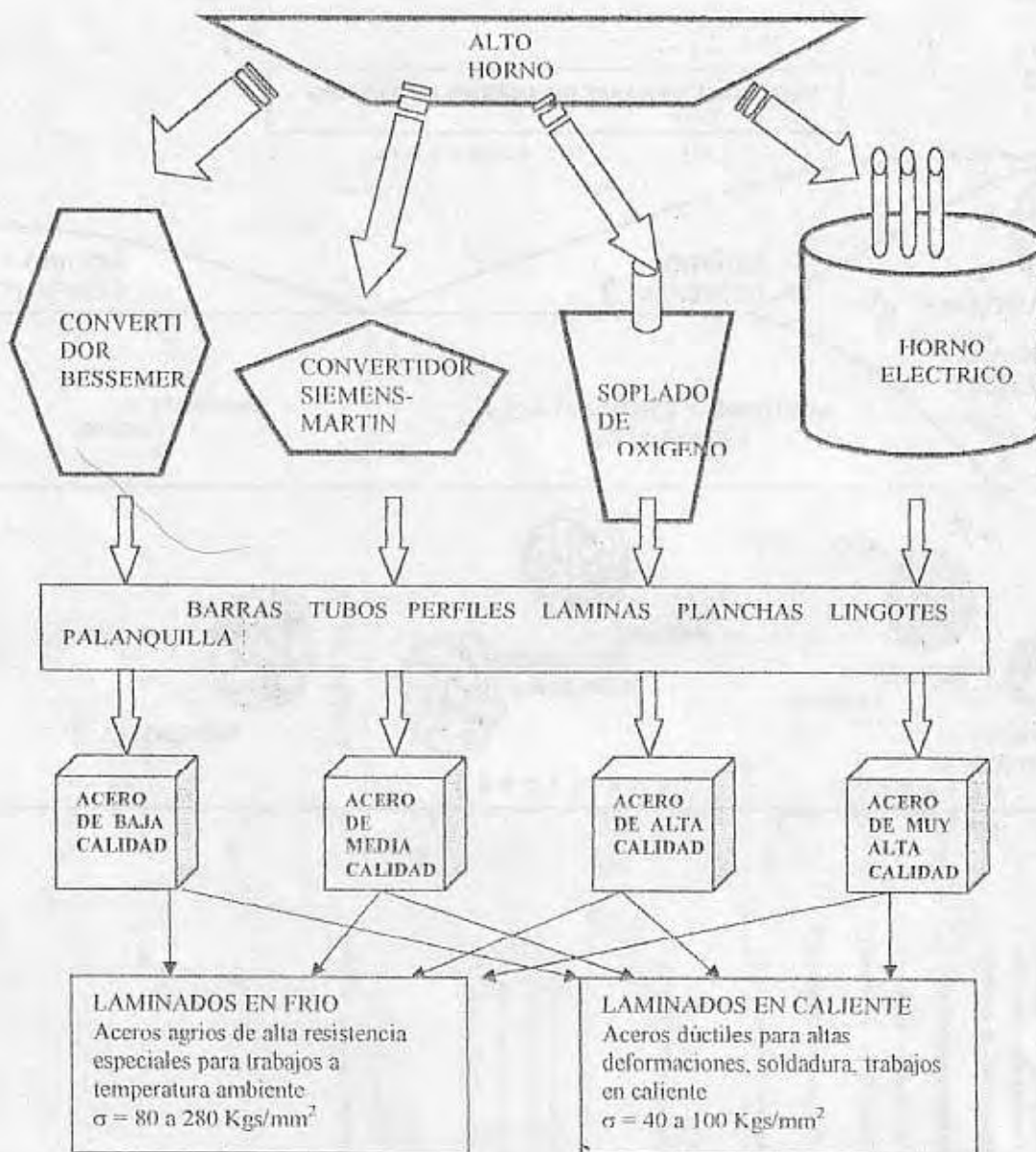
Sin duda la aleación más usada dentro del campo de la industria mecánica, tanto de diseño y fabricación como de consumo masivo, son las diversas aleaciones de hierro. Por lo tanto nos detendremos con mayor profundidad en este capítulo.

La aleación fundamental del hierro, se logra con el carbono, lo que da origen a nuestro conocido acero y también a las fundiciones, materiales no son más que la combinación de Fe y C en diversos porcentajes, esto comprende a todas las calidades de aceros corrientes y todas las fundiciones.

Para poder explicar la inmensa variedad de aceros corrientes y fundiciones existentes, hay que referirse tanto a la composición química (porcentaje de C en Fe) como a los métodos de fabricación y posterior tratamiento de mejoras a las propiedades mecánicas, ya que a partir de estos se lograran las diversas estructuras con sus particularidades mecánicas y químicas.

PROCESOS DE FABRICACIÓN

En el cuadro siguiente se resumen los aspectos generales de los diversos procesos de obtención de los aceros:



COMPOSICIÓN QUÍMICA

La forma más general de análisis de la composición química de los aceros y las fundiciones, es a través del diagrama de fases de Fe-C, donde además de ilustran las diversas estructuras y las aplicaciones corrientes que se dan a estos materiales:

V
4 Resis

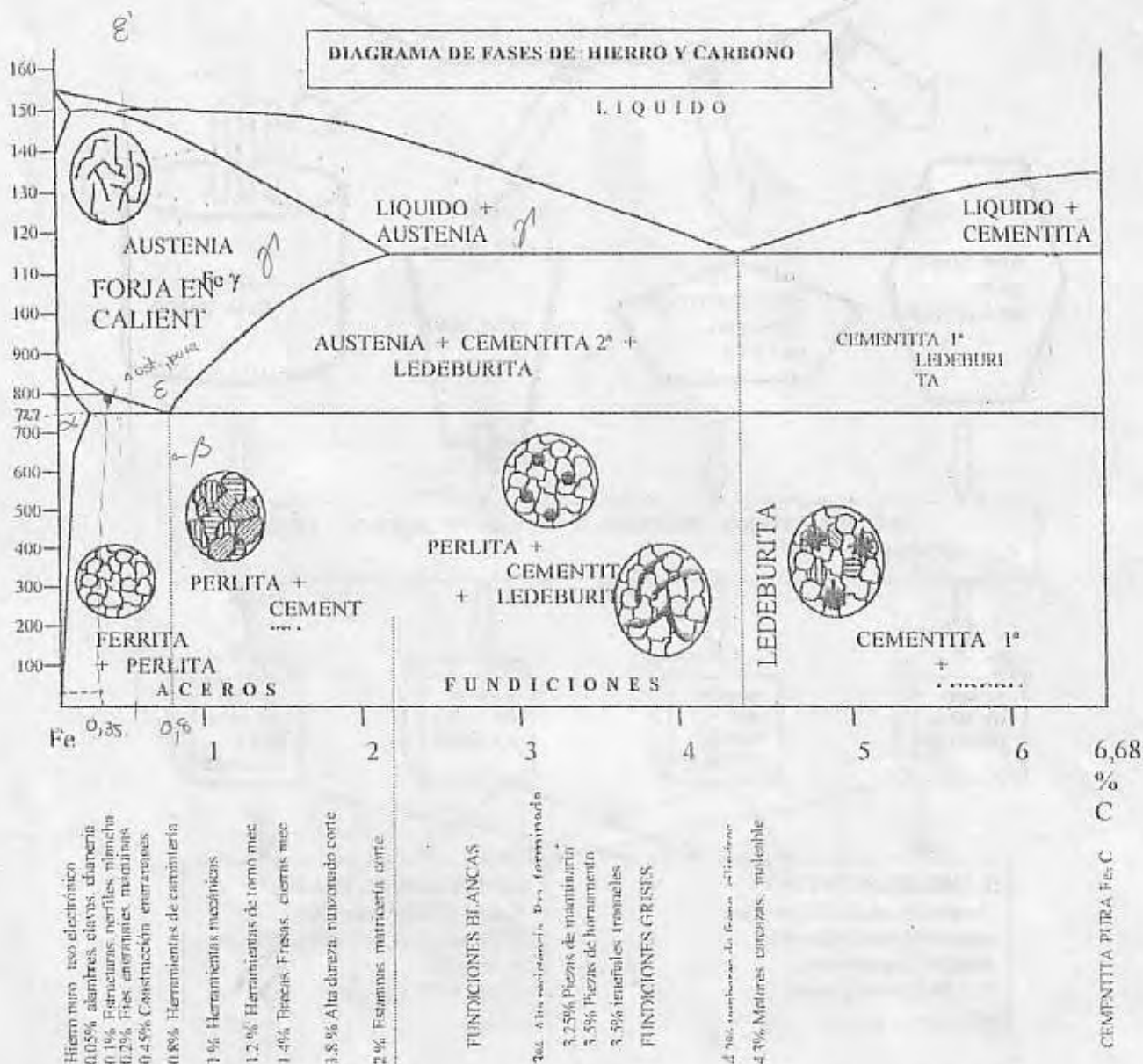
7°
7 Ciencias Misa → Plameo I
8 Ingeco Misa → Proyectos I
6 Gestión de Calidad
5 Tecno
8 Sistemas I
10 Psicología
9 Procesos II

8°
2 Plameo II
9 Proyectos II
6 Tecno II
6 Metodos
9 Sistemas II
10 Derecho

V
6 IDI

6
9
10 Gestión
7 Diseño
8 Control y Auto
9 Tópicos
7 Seguridad

9 Taller I
10 Taller II



OTRAS ESTRUCTURAS DE LOS ACEROS

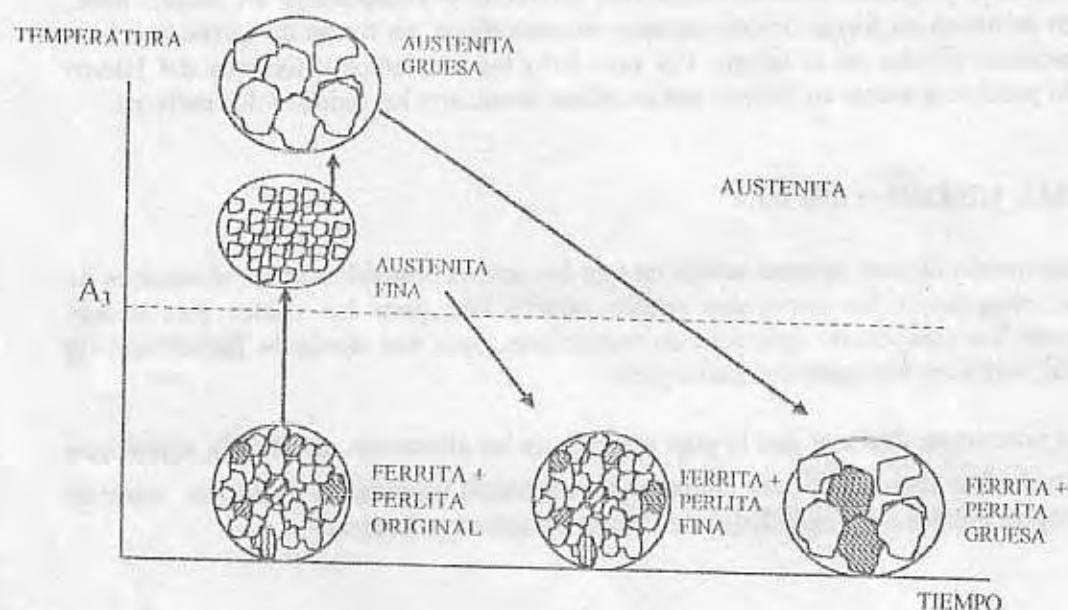
Con el fin de modificar las propiedades mecánicas de los aceros y de este modo satisfacer en mejor forma las exigencias del diseño, se han desarrollado diversos métodos de transformación estructural, basados en los cambios naturales propios de la solubilidad parcial del carbono en el hierro. A continuación se describen las transformaciones más importantes de estas estructuras:

CRECIMIENTO DE GRANO (GRANO HEREDITARIO)

El tamaño del grano micro estructural del acero, es una de las características más importantes para el maquinado de piezas, influyendo de manera directa en

la calidad superficial, o de acabado al corte, y de manera especial en los rendimientos de procesos de arranque de viruta. Mientras más fino sea el grano constituyente del acero mejores serán los acabados y mayores los rendimientos de los procesos.

El tamaño de grano final de un acero esta determinado por el grado de sobrecalentamiento de la fase austenita, cuando este es seguido de un enfriamiento de equilibrio, tal como se ilustra en la figura siguiente:



ESTRUCTURAS ISOTERMICAS.

Otra forma de modificación de las estructuras de los aceros, es a través de las transformaciones llamadas isotérmicas, las cuales se obtienen por enfriamientos controlados de la austenita, de acuerdo a lo que se indica en el diagrama siguiente:

ACEROS DE ALEACION

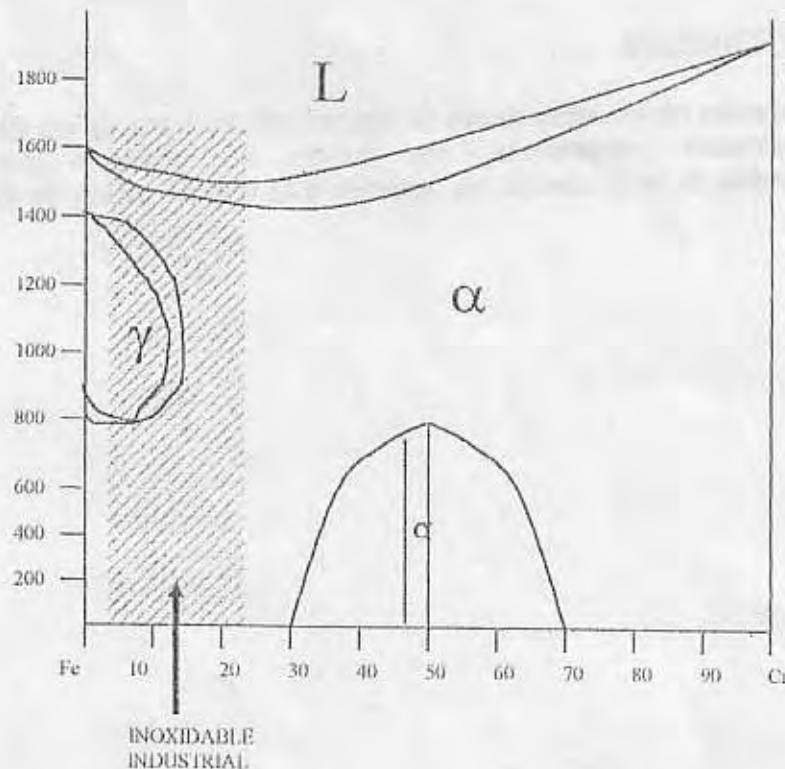
Sobre la base de los aceros estudiados, que solamente están compuestos de Fe + C, pueden obtenerse otros aceros de propiedades mecánicas y químicas diferentes, de acuerdo a los requerimientos industriales, mediante la formación de sistemas terciarios, es decir, aceros compuestos de Fe + C + Aleante, donde los aleantes más comunes son, en Cromo, el Manganeso, El Níquel, el Cobalto, y otros en menores proporciones.

Las formas en que estos aleantes intervienen dentro de las estructuras atómicas, son muy variadas, pudiendo tenerse elementos atómicos o compuestos en estado libre, también se tienen en forma de compuestos intermetálicos, en forma de carburos o bien en soluciones sólidas en el hierro. Por otro lado los elementos diferentes del Hierro también pueden aparecer en formas menos útiles, como son los óxidos y los sulfuros.

SISTEMA HIERRO → CROMO

La importancia de este sistema radica en que los aceros obtenidos de las aleaciones de Cromo, constituyen los conocidos aceros inoxidable, para los cuales está demás mencionar los campos de aplicaciones industriales, que van desde la fabricación de monedas, hasta los instrumentos quirúrgicos.

Resulta interesante destacar que la gran mayoría de las aleaciones de Fe + Cr, cristalizan en una sola fase llamada α , sin embargo la resistencia mecánica y la dureza, son mas bien proporcionales a las cantidades de Cromo presentes en la aleación.



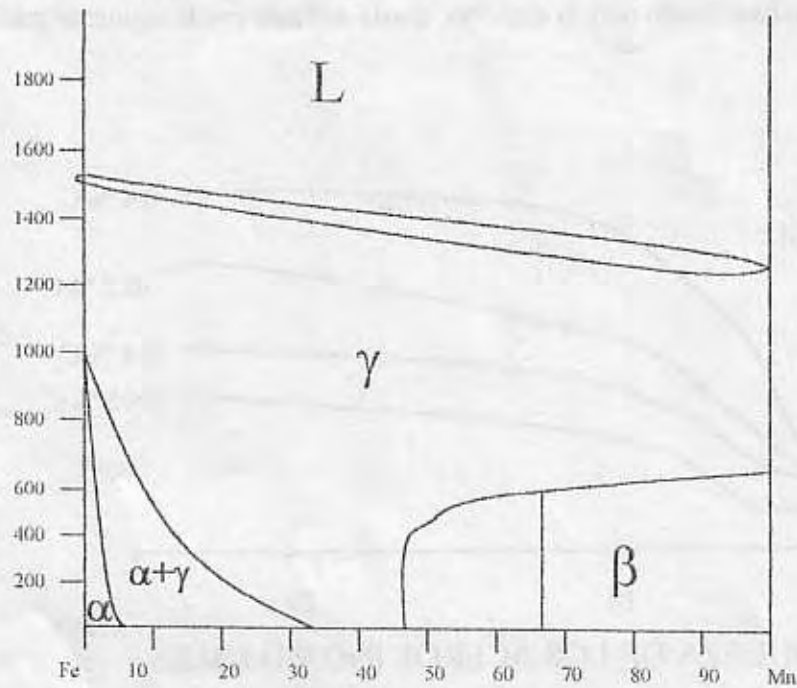
La dureza de los aceros de base Fe + C + Cr, en especial de los inoxidables industriales, de acuerdo al acero base usado para la aleación, queda definida por la siguiente gráfica:



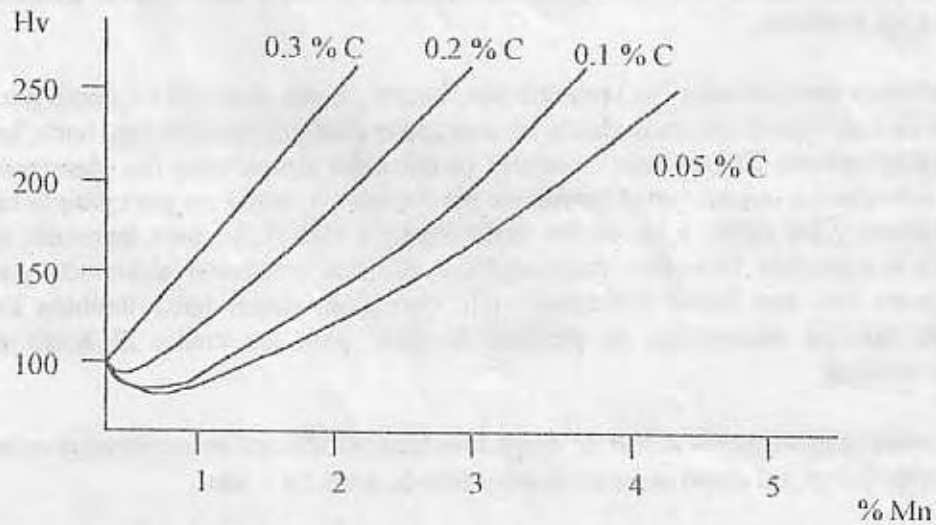
Otro de los sistemas de mayor aplicación industrial, es el de los acero aleados al Manganeso, ya que representa el material más usado en la industria minera y ferrocarriles por su alta dureza, resistencia a tracción, y sobre todo por la altísima resistencia a los impactos.

La características mencionadas, en combinación, hacen de este acero el más apto para fabricación de todo tipo de molinos, desde las conocidas chancadoras de rocas, hasta los molinos pulverizadores de cemento. Similares propiedades deben tener los elementos sometidos a desgaste e impacto en el transporte por ferrocarril, como ser por ejemplo las ruedas metálicas y los rieles, a los cuales suele añadirse algo de Ni para aumentar su resistencia a la corrosión. Unas funciones similares, es decir, resistentes al impacto y al desgaste, junto con una buena resistencia a la corrosión, deben tener también los barrenos de minería encargados de perforar la roca, para los cuales el acero al manganeso es ideal.

Industrialmente se usan aceros al Mn de aleaciones hasta el 6% que en su mayoría están compuestos de fase α , tal como se ve en el diagrama de fases Fe + Mn



La dureza de los aceros al manganeso, de uso corriente industrial, puede estudiarse a través de la grafica siguiente:



DUREZA DE LOS ACEROS AL MANGANESO

Por lo general los aceros de uso industrial tienen más de un aleante, con el fin de combinar las cualidades de resistencia, elasticidad, resistencia a los impactos, resistencia a la corrosión y otras, así por ejemplo podemos mencionar las composiciones de:

Aceros estructurales, que son usados en el campo de ingeniería civil, y construcciones metálicas, $\text{Fe} + (0,2 \text{ a } 0,3)\% \text{C} + 0,5\% \text{Mn} + 0,2\% \text{Si}$ con una resistencia a fluencia de hasta 45 Kgs/mm^2 y a la rotura de hasta 60 Kgs/mm^2 .

Aceros para resortes automotrices, muelles, del que también suelen fabricarse cuchillas para carpintería e industria del papel, $\text{Fe} + 0,5\% \text{C} + 0,8\% \text{Mn} + 0,25\% \text{Si} + 1\% \text{Cr} + 0,2\% \text{Va}$. Cabe destacar que este tipo de acero es muy adecuado para el endurecimiento por tratamientos térmicos, lográndose estados de fácil trabajo y estados de alta resistencia.

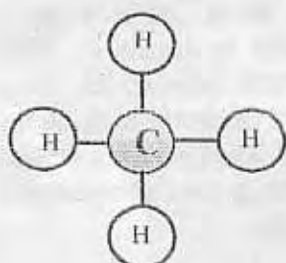
Aceros de rodamientos, en los cuales se logra una casi total inoxidableidad gracias a la acción conjunta del cromo y del manganeso, son aceros de alta dureza y resistencia al efecto abrasivo, $\text{Fe} + 1\% \text{C} + 1,4\% \text{Cr} + 1,2\% \text{Mn} + 0,5\% \text{Si}$.

Aceros de herramientas, de los cuales se tienen dos categorías, los aceros al cromo y manganeso, aptos para herramientas de corte carpintero y hasta la década de 1960 usados con tratamientos térmicos para corte de metales a bajas velocidades, cuya composición es $\text{Fe} + 1,2\% \text{C} + 0,3\% \text{Mn} + 0,15\% \text{Cr}$. La otra categoría es la de los llamados aceros rápidos (HSS) ya que permiten corte de metal a velocidades mucho mayores, también son conocidos como aceros al cromo y cobalto, y cuya composición es $\text{Fe} + 0,8\% \text{C} + 4\% \text{Cr} + 17\% \text{Tg} + \text{" \% Va} + 1\% \text{Mo} + 6\% \text{Co}$.

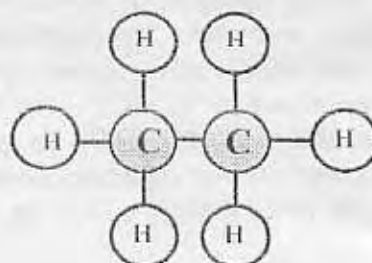
POLIMEROS

Se denominan polímeros a un gran grupo de materiales de origen orgánico de alto peso molecular, constituidos por la repeta de un gran número de moléculas elementales llamadas monómeros, las que forman un macromolécula con propiedades mecánicas diferentes a las de los monómeros que la componen.

Existen polímeros naturales y sintéticos, los cuales básicamente están compuestos de la misma manera, ya que se puede tener polimerización tanto natural como sintética. Los principales monómeros para la constitución de los polímeros sintéticos, son los derivados de petróleo más livianos, tales como el metano CH_4 , el etano o gas de etileno C_2H_6 , el propano C_3H_8 , y el butano C_4H_{10} los cuales tienen la forma esquemática de molécula siguiente:



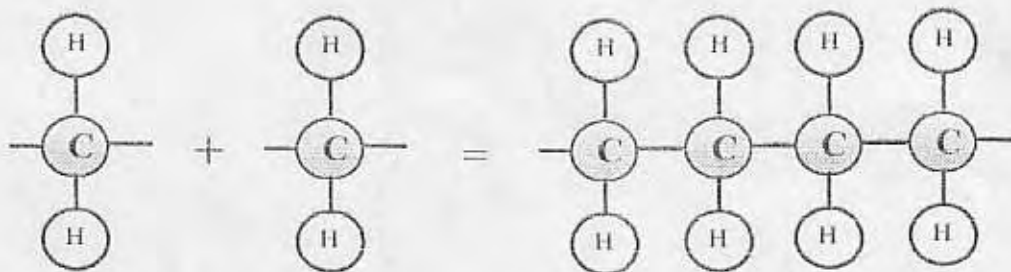
METANO



ETANO

La unión de mucha de las moléculas monómeros, puede realizarse básicamente por tres tipos de procedimientos, llamados mecanismos de polimerización.

ADICIÓN: consiste en la liberación de los hidrógenos terminales del monómero, por medio de la elevación de la temperatura (140°C) y el sometimiento a presiones elevadas (20000psi), permitiendo a la molécula disponer de dos enlaces libres para formar una cadena de un gran número de carbonos, convirtiéndose en un material de alto peso molecular, sólido y con aplicaciones industriales. Un caso típico de este mecanismo de polimerización es el de la fabricación del polietileno y de sus derivados.



COPOLIMERIZACIÓN

Este mecanismo consiste en la mezcla, o unión de dos polímeros previamente obtenidos a partir del mecanismo anterior, con la condición de que químicamente sean afines, llamados copolímeros, con lo cual se obtiene un nuevo material de características mejoradas. Por lo general se tienen productos de mayores pesos moleculares, y de características mecánicas más elevadas, con el consecuente beneficio de aplicaciones industriales.

CONDENSACIÓN: mecanismo de polimerización que resulta de la reacción química de dos polímeros con la eliminación de una molécula de H_2O , resultando un compuesto polimérico de extraordinarias características, ejemplo típico es el de fabricación de las poliamidas (Nylon).

ADITIVOS DE LOS POLÍMEROS.

Además de los elementos básicos de fabricación de los plásticos industriales, monómeros o resinas base en el caso de los naturales, generalmente se adicionan otros productos naturales o sintéticos, con el fin de modificar o mejorar las propiedades mecánicas.

Estas sustancias reciben el nombre genérico de aditivos, lo que principalmente son plastificantes, estabilizantes, cargas, colorantes y lubricantes.

Los plastificantes son sustancias orgánicas que forman con los polímeros soluciones estables a temperatura ambiente aumentando su plasticidad o capacidad de deformación sin rotura, las más corrientes son la parafina, la glicerina, y el glicol.

Los estabilizantes son compuestos químicos que se añaden a los polímeros con el fin de frenar la posterior polimerización o policondensación, asegurando las propiedades iniciales por un mayor lapso de tiempo.

Las cargas son por lo general sustancias minerales (talco, mica, sílice, amianto, fibra de vidrio) o sustancias vegetales (harina de madera, celulosa, algodón) o pueden ser otros polímeros reciclados, que se añaden al polímero base con el fin de bajar el costo de producción mediante el aumento de volumen.

Los colorantes son generalmente de origen mineral, ya que estos alteran menos las propiedades de los polímeros base.

Los lubricantes , generalmente orgánicos, se añaden con el fin de facilitar el trabajo de moldeo, inyección y otros procesos mecánicos a que deben someterse los polímeros.

CLASIFICACIÓN GENERAL

Los polímeros se clasifican en tres grandes grupos, los termoplásticos, los termoestables o elastómeros y los duroplásticos o resinas. Los primeros son los que sufren deformación por incremento de temperatura, lo que les da la posibilidad de cambio de forma numerosas veces, ya que con las deformaciones por elevación de temperatura no modifican sus propiedades.

Los termoestables son aquellos que una vez moldeados pierden la capacidad de modificación por temperatura, es decir que solo pueden ser conformados una sola vez, y su geometría solamente puede modificarse por corte de material o por nueva fusión, aunque no en todos los casos.

Una lista de los principales polímeros de uso industrial, clasificados de acuerdo a lo mencionado es la siguiente:

TERMOESTABLES:

- Fenol – formaldehído
- Melanina – formaldehído
- Urea – formaldehído (baquelita)
- Caucho natural y sintético
- Látex
- Politetrafluoruro de etileno (PTFE) (Teflón)
- Poliuretanos (PU)

TERMOPLÁSTICOS:

- Nitrocelulosa
- Acetato de celulosa
- Polietilenos
- Poliestirenos
- Poli vinil clorado (PVC)
- Polimetacrilato (acrílico)
- Poliamidas (Nylon)
- Poliésteres (PS)
- Siliconas
- Polipropileno (PP)
- Policarbonatos
- Polietilentereftalato (PET)

DUROPLÁSTICOS

- Resinas Fenólicas
- Resinas epóxicas
- Melaminas

I TERMOPLÁSTICOS INDUSTRIALES

1.- POLIOLEFINAS

Dentro de los polímeros industriales, los más difundidos son los que se obtienen por polimerización por adición de las olefinas, concretamente del etileno y del propileno, que no solamente ocupan el campo industrial, sino que también se han difundido mucho como productos terminados de consumo final o masivo.

POLIETILENO Y POLIPROPILENO (PE) (PP)

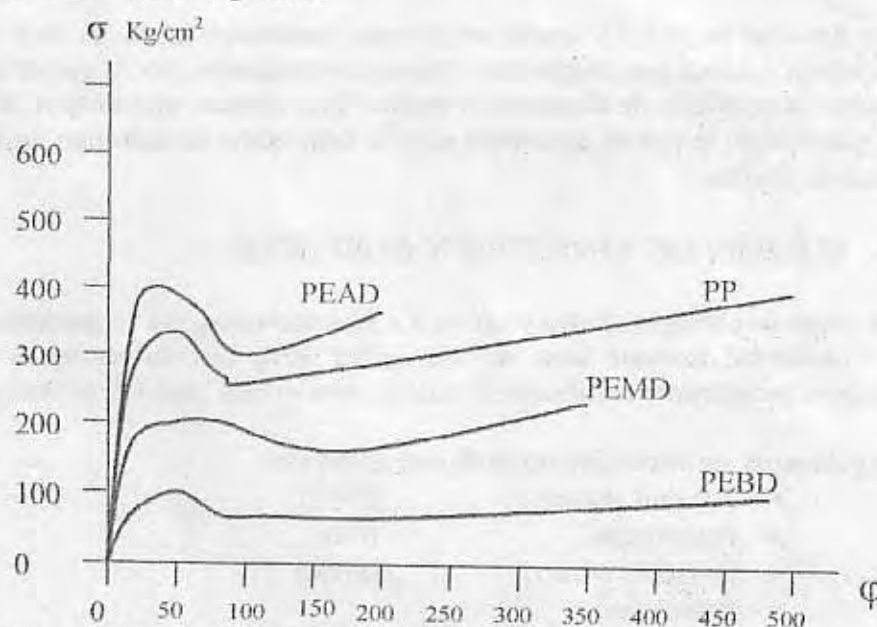
Polimerizado por adición del monómero etano, puede lograrse en diversos largos de cadenas o macromoléculas, lo que se expresa por su peso molecular, industrialmente se

clasifican en PE de bajo peso molecular (PEBD), de medio peso molecular (PEMD) y de alto peso molecular (PEAD), aunque en los últimos años se han desarrollado pesos moleculares mayores, con las consiguientes ventajas de mayor dureza, y resistencia a tracción, estos son conocidos como PE de ultra alto peso molecular (PEUAD)

En cuanto a su estructura pueden fabricarse PEBD de cadenas lineales ramificadas, en tanto que los PEAD son de cadenas lineales simples, o muy escasamente ramificadas, por lo que estos últimos son más fáciles de cristalizar, por lo que presentan mejores propiedades mecánicas.

La utilización del PEAD en la industria minera, en calidad de antiabrasivo y recubrimientos contra impactos es ampliamente difundida, ya que por su bajo costo y resistencias sirve de protección para los aceros que están sometidos a condiciones ambientales severas. Una de las desventajas que presenta es que el PE no se puede soldar, por lo que deben desarrollarse métodos mecánicos de uniones entre ductos, planchas, perfiles etc. Al igual que el PP se disponen en semielaborados, como planchas, tubos, barras y perfiles especiales, los que fácilmente pueden ser maquinados por arranque de viruta en torno, fresa, sierra, taladro etc.

Las características de comportamiento mecánico de los PE y los PP se ven reflejadas en la gráfica de tensión deformación siguiente.



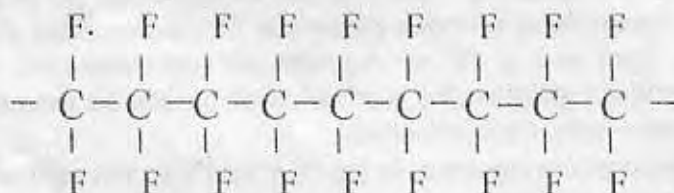
Otras características mecánicas de las poli olefinas, tales como la dureza, densidad y las temperaturas de reblandecimiento y fusión, se dan en la siguiente tabla:

PROPIEDAD	PEBD	PEMD	PEAD	PP
Densidad	0.92	0.94	0.96	0.91
Cristalinidad %	65	80	90	80
Dureza (shore)	45D	70D	70D	95R
Temperatura de reblandecimiento °C	90	120	130	160
Temperatura de fusión °C	115	130	140	175
Temperatura para moldeo e inyección °C	240	250	280	290

Los PE y los PP pueden fabricarse en forma de espumas mediante la acción de gasificantes añadidos en forma líquida durante el proceso de polimerización, con lo que se logran materiales aislantes térmicos y acústicos

TEFLÓN (PTFE)

Un caso especial de estos polímeros lo constituye n las poliolefinas fluoradas, de las cuales el TEFLÓN (marca comercial) correctamente denominado POLITETRAFLUORURO DE ETILENO, que en esencia esta compuesto por un PE al que se han substituido la totalidad de los hidrógenos por átomos de fluor, quedando la macromolécula de la forma siguiente:



Cuya densidad es de 2,7 y resulta un polímero totalmente inerte, es decir que no tiene interacción química con ningún otro elemento o compuesto, por lo que su utilización en la industria química y de alimentos es amplia. Otra característica notable del teflón es su alta plasticidad, lo que se aprovecha para la fabricación de todo tipo de elementos de sellado de fluidos.

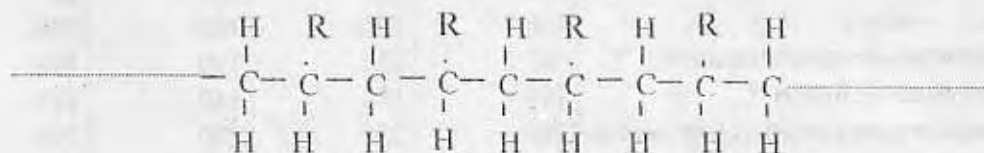
2.- POLIMEROS VINILICOS Y ACRÍLICOS

Este grupo de polímeros forma parte de los termoplásticos, por lo general con un grado de cristalinidad bastante bajo, no mayor del 30%, son de estructura lineal, y en ocasiones escasamente ramificada, lo cual explica su bajo grado de cristalinidad.

Los polimeros de interés industrial de este grupo son:

- Polivinil cloruro (PVC)
- Poliestireno (PS)
- Poliacril nitrilo (PAN)
- Poliacrilato
- Polimetacrilato de metilo (PMMA)
- Poliacetato vinilico (PVAc)
- Polivinil alcohol (PVA)

Los polímeros mencionados están constituidos por cadenas macromoleculares de la forma



Cadena en la cual los componentes radicales R están constituidos por Cl, ciclohexano, CN, CO-O-CH₃, O-CO-CH₃, y OH respectivamente.

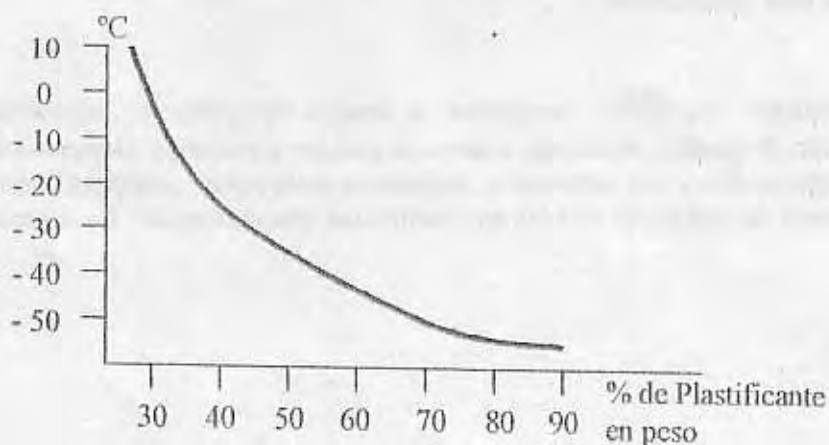
POLICLORURO DE VINILO PVC

Quisa el mas difundido comercialmente es el PVC, del cual pueden fabricarse los tipos rigido, flexible o plastificado, pastas y espumas. El primero se logra a partir de la polimerización directa de los monómeros, el cual puede recibir un plastificante para aumentar la capacidad de deformación y trabajo en caliente constituyéndose en el segundo grupo, a este puede añadirse la acción de un solvente orgánico, con lo que se logra la pasta de PVC, que puede usarse en aditivos para pinturas, trabajos de inyección etc. Las espumas se logran a partir de la adición de un espumante, como el CO₂ homogéneamente disperso en el polímero en el momento de su fabricación, elementos que una vez en estado gaseoso por aumento de temperatura, convierten a PVC en una fina espuma de múltiples aplicaciones industriales, tales como los aislantes térmicos y acústicos, las gomas sintéticas y otras aplicaciones textiles.

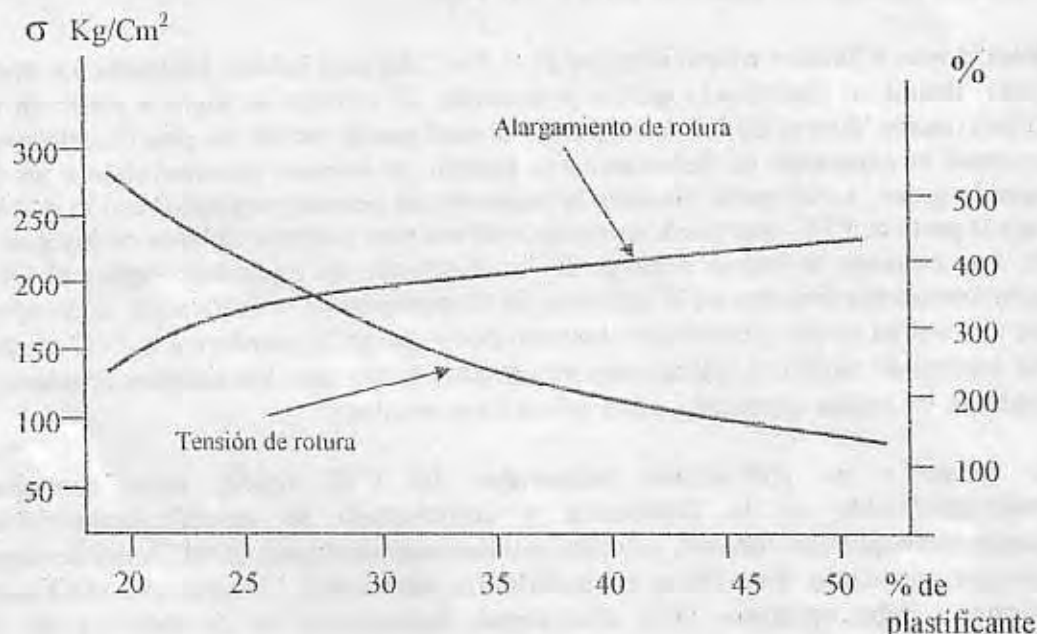
En cuanto a las aplicaciones industriales del PVC rígido, están centradas fundamentalmente en la fabricación y construcción de equipos industriales, equipamiento químico, tuberías, válvulas, instalaciones sanitarias, instalaciones de riego agrícolas, elementos decorativos en la industria automotriz, conductores eléctricos, aislantes, tubo corrugado para electricidad, aplicaciones en la industria de la construcción y otros.

En cuanto a sus propiedades mecánicas, estas pueden verse comparativamente en el cuadro al final de este acápite conjuntamente con las de los polímeros de este grupo.

El PVC PLASTIFICADO resulta como se indicó de la adición de un plastificante, que por lo general es DOP (Ftalato de dioctilo) o el DBT (ftalato de dibutilo) en proporciones que suelen variar entre el 10 y el 60 % en peso logrando diversos grados de elasticidad y de flexibilidad, sobre todo cuando las aplicaciones a las que se va a someter son de bajas temperaturas, puede evitarse la fragilidad en frío del material adicionando diversas cantidades de plastificante. En la figura siguiente se tienen las proporciones de plastificante en porcentaje, que son añadidas al PVC para mantener su flexibilidad según la temperatura de trabajo.



En cuanto a las propiedades mecánicas, en especial la resistencia y la deformación plástica hasta la rotura que pueden obtenerse en los PVC plastificados, también dependen del grado o porcentaje de plastificante usado, tal como puede apreciarse en las gráficas siguientes.



Las pastas de PVC, que son muy utilizadas para recubrimientos de diversas superficies, como papeles, cartones y tejidos, en la fabricación de cuero artificial, impermeabilización textil y de construcción, recubrimiento de textiles antideslizantes etc, así como también en la fabricación de juguetería por soplado, conos de señalización de tránsito, soplado por pulverización y otros, se obtienen por secado o evaporación de los solventes y plastificantes del compuesto a temperaturas de entre 145°C y 170°C luego de ser depositados en molde.

Evidentemente las características elásticas y plásticas de los productos terminados, dependen de las cantidades de plastificantes y solventes usados, lográndose comportamientos desde similares a los cauchos y gomas hasta plásticos ligeramente flexibles y algo quebradizos.

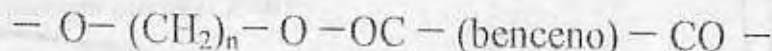
Las espumas de PVC encuentran su campo de aplicación mayoritario en la construcción de paneles, molduras, marcos de puertas y ventanas, elementos decorativos para la construcción y uso automotriz, mobiliario, aislaciones acústicas y térmicas, usos de protección de embalajes con las que comparten este campo con las espumas de PS y PEAD.

POLIESTERES (PS)

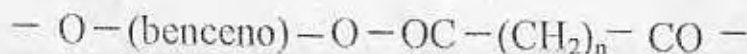
Al igual que las poliamidas, los poliesteres son polimerizados por el mecanismo de condensación de ácidos saturados con alcoholes difuncionales, obteniéndose una estructura lineal no reticulada con características altamente termoplásticas.

Se pueden polimerizar un gran número de PS, algunos de los cuales no revisten interés industrial, como los de la serie alifática, que tienen un muy bajo punto de fusión, incluso inferior al del PE. Sin embargo los que si son considerados industrialmente son los que contienen dentro de sus cadenas macromoleculares, anillos bencénicos, los que están clasificados en tres series:

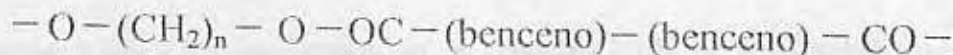
PS polialquilenos - tereftalatos



PS poli-p-fenileno - alcanodioatos



PS polialquilenos - bifenil - 4.4 - dicarboxilatos



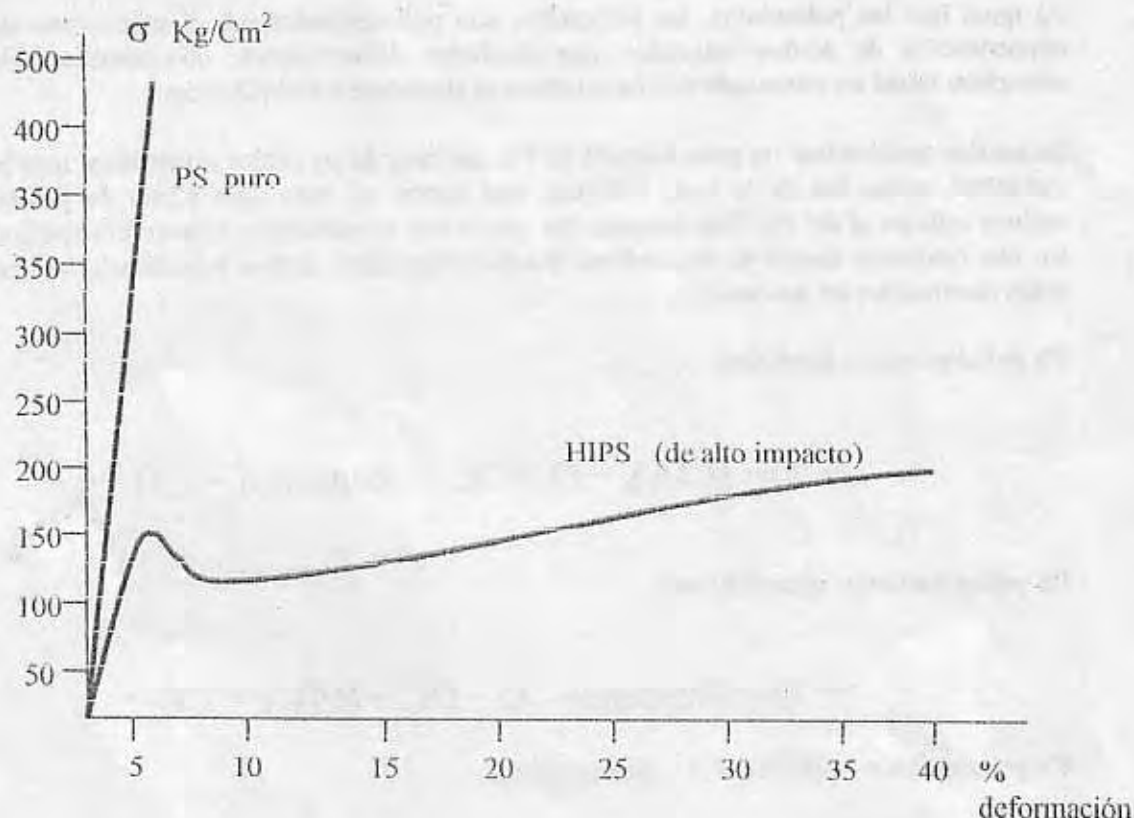
Industrialmente uno de los PS mas usados es el derivado del ácido tereftálico y del etilenglicol, llamado polietilentereftalato PET, generalmente conocido por la fabricación de envases para bebidas, el cual presenta una resistencia mayor al impacto, a la abrasión y es de carácter no contaminante.

Las elevadas resistencias que tienen los polímeros descritos, y en especial el PET, es debida al alto grado de cristalinidad que presentan, el cual se produce durante el enfriamiento de la polimerización, aunque en el caso del PET este enfriamiento requiere de controles muy estrechos ya que presenta un estado metaestable, en el cual debe controlarse el grado de cristalinidad requerido.

El PS también puede producirse en forma de fibra textil, de las cuales las marcas comerciales mas corrientes son Terry-line, Dacron, Poliéster-fiver, Vestan y otras. Este tipo de fibras presentan temperaturas de fusión de hasta 290°C en comparación del PS puro que tiene 255°C como fusión.

El PS industrial (densidad = 1.06, Temp. de fusión = 95°C) puede obtenerse en dos formas, el PS puro y el PS de alto impacto, logrado a través de la mezcla con algún caucho sintético, que le confiere una mayor plasticidad, de la cual carece casi por

completo el PS puro. La comparación entre ambos puede verse en el gráfico siguiente, donde se pone de manifiesto la acción del caucho sintético rebajando además la capacidad de resistencia a tracción.



Los usos industriales del HIPS redundan en las aplicaciones eléctricas y mecánicas, tales como aisladores, calculadoras, accesorios para electricidad de potencia, alumbrado público, electrodomésticos, equipos de refrigeración, etc.

Uno de los campos más grandes de aplicación para las espumas de PS es el conocido PS expandido, que se logra a través de un moldeado de espumas con vapor, es el de embalajes comerciales, conocido "plastoformo" (marca comercial y no de material)

Uno de los derivados importantes del PS es la aleación que se logra a través de la mezcla de PS + acrilonitrilo + butadieno, llamada resina ABS, la cual es usada para la fabricación de teléfonos, cascos de protección industrial, componentes de interior de automóviles y aeronaves, carcasas de computadores, televisores, interiores de frigoríficos, máquinas fotográficas, etc.

POLIACRILONITRILO Y METACRILATOS

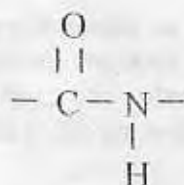
Las aplicaciones industriales más importantes del Poliacrilonitrilo están dentro del campo de la industria textil, ya que con el se pueden confeccionar por extrusión filamentos de alta resistencia y para aumentar su elasticidad puede alearse con hasta un 35% de PVC.

El poli metacrilato de metilo PMMA, es uno de los plásticos que ofrece la mayor transparencia, siendo esta de un 92%, además de su buena resistencia a la tracción y al impacto.

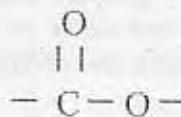
Este material es conformable por temperatura, entre 150 y 170°C, es muy usado en piezas automotrices como parabrisas, ventanas, mirillas, los llamados lentes orgánicos, lentes de microscopía y lentillas de medicina.

3.- POLIAMIDAS

Este grupo de polímeros se caracteriza por tener dentro de la cadena principal, la sustitución de algunos de los átomos de carbón por átomos de nitrógeno o de oxígeno, lo que les confiere propiedades diferentes en su comportamiento mecánico. De hecho una amida y un Ester son estructuras compuestas de acuerdo a los esquemas siguientes:



AMIDA



ESTER

Estos polímeros, que además de ser usados en la obtención de fibras textiles, son los principales del grupo llamado "plásticos de ingeniería" ya que su aplicación dentro de la fabricación de piezas y partes de maquinaria es también muy diversa.

POLIAMIDAS (PA)

Las PA industriales se obtienen por el mecanismo de polimerización llamado de Condensación, principalmente por reacciones de las diamidas y los ácidos adiptico o cebásico. Por lo que se comprenderá que existen un sin número de poliamidas, de las cuales los más conocidos son los denominados por la marca comercial de Nylon, a la que se agrega una o dos números que indican la cantidad de átomos de carbón de la diamida y del ácido, Ej. Nylon 6.6, Nylon 6.12 ...etc.

Las poliamidas tienen un alto grado de cristalinidad, por lo que se obtiene una elevada temperatura de fusión y una gran resistencia a tracción, las cuales son proporcionales al número de amidas existentes.

En la tabla siguiente pueden verse los valores típicos de resistencia a tracción y temperaturas de fusión de los más comunes "Nylon" comerciales:

	N Y L O N				
	6.6	6	6.9	6.11	6.12
Temp. de fusión °C	270	220	220	185	180
Resistencia a tracción K/Cm ²	840	770	715	620	590

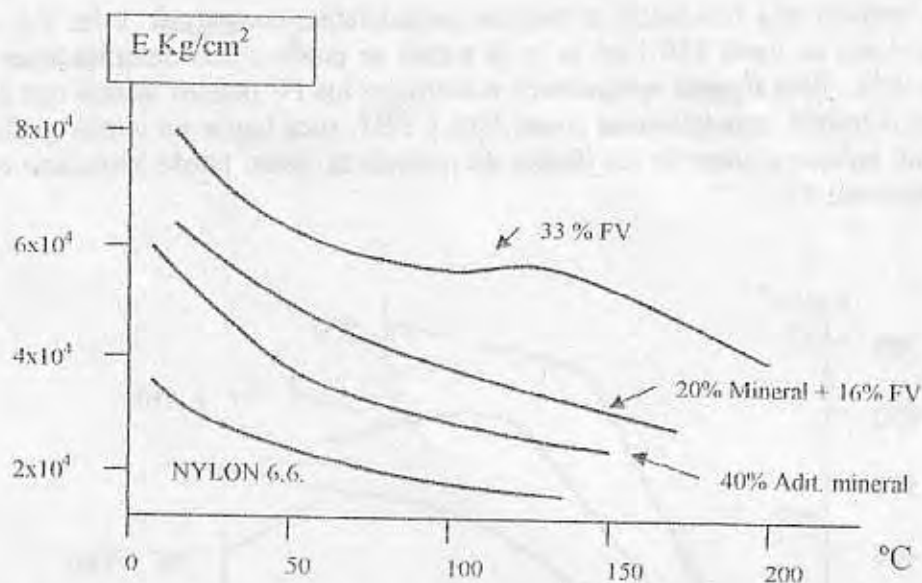
La cristalinidad de las poliamidas, en especial la del Nylon 6.6., puede aumentarse bastante, llegando incluso a valores del 96%, mediante procedimientos especiales de paralelismo de las macromoléculas, lo que supone un proceso de estirado especial luego de la polimerización. Este procedimiento ha sido usado en especial para la fabricación de fibras industriales y confección de cables, que pueden llegar a tener una resistencia a tracción de hasta 3500 K/Cm².

Las poliamidas por lo general presentan temperaturas de transición vítrea de 30°C a 50°C, después de la cual no tienen una pérdida de propiedades mecánicas significativa, por lo que industrialmente pueden usarse incluso hasta los 120°C a 190°C.

Las formas comerciales de las poliamidas son fundamentalmente en semielaborados, como barras, planchas y perfiles para trabajo por mecanizado y arranque de viruta, también pueden ser polimerizadas en molde como producto terminado, este es el caso de las carcasas de herramientas eléctricas y de mano, engranajes, bujes, ruedas y demás elementos de máquinas.

ADITIVOS DE LAS PA

Mediante la adición de aditivos a las PA puede modificarse las propiedades mecánicas, fundamentalmente el valor del Módulo elástico E, también puede usarse reforzantes cuando se requieren condiciones especiales, los reforzantes más usados son la Fibra de Vidrio (FV), el caolín y las micas, las que se agregan en hasta una 45% aumentando la resistencia a la tracción y la estabilidad adimensional a altas temperaturas. Las modificaciones de módulo elástico del Nylon 6.6 con el uso de los componentes descritos, puede apreciarse mejor en el siguiente gráfico.



Por lo general las PA se polimerizan directamente en molde para lo que se les adiciona además colorantes y lubricantes, con el fin de obtener un mayor grado de facilidad en el desmolde, los lubricantes más usados son el disulfuro de molibdeno y el grafito.

APLICACIONES GENERALES:

Los campos de aplicación mas corrientes de las PA, se encuentran en las fibras textiles, moldeo por inyección de piezas mecánicas como engranajes, cojinetes, soportes antifricción, piezas resistentes a los aceites y ataques químicos diversos, piezas estructurales de trabajo hasta los 120°C sin deformaciones permanentes ni apreciables, carcasas de electrodomésticos y herramientas eléctricas de mano, envases de alimentos en forma sólida y de películas delgadas (en especial el Nylon 6.12).

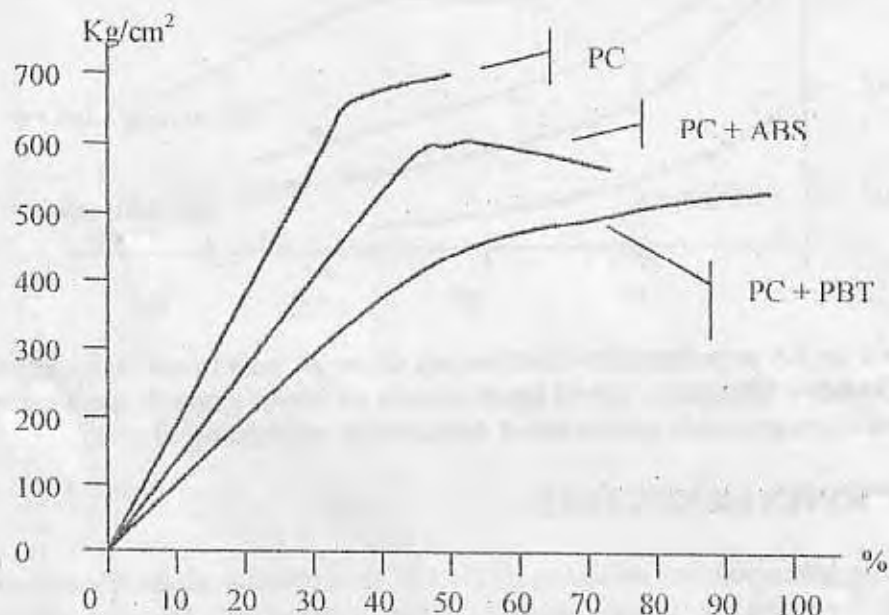
POLICARBONATO (PC)

Aunque este tipo de polímero también corresponde a la polimerización por condensación entre un ácido carbónico y dioles aromáticos, es mas bien clasificado como una resina especial termoplástica.

Los policarbonatos industriales son amorfos, con un escaso grado de cristalinidad que no supera el 30%, con una temperatura de transición vítrea de 150°C u una de fusión de 260°C. Con una densidad de 1,2 se destaca por una muy alta transparencia, mayor incluso que la de los vidrios corrientes (98,5%).

Es un polímero de alta resistencia, elevado módulo elástico y prácticamente no tiene deformación plástica, presentando siempre una fractura de tipo frágil aunque su resistencia al impacto es la mayor de todos los polímeros, con una temperatura de trabajo desde los -100°C hasta los 135°C de forma continua y sin presentar por ello una deterioración. También presenta una de las durezas más altas dentro de todos los plásticos de uso industrial.

Presenta también una resistencia a tracción considerable, comparable a las PA, que alcanza valores de hasta 650 Kg/Cm^2 y la rotura se produce con deformaciones del orden de 60%. Para algunas aplicaciones industriales los PC pueden alearse con otros polímeros o resinas termoplásticas como ABS y PBT, para lograr un mayor grado de plasticidad, aunque a costa de los límites de resistencia, como puede apreciarse en la gráfica siguiente.



II ELASTÓMEROS INDUSTRIALES

Tal como se explico en la primera parte, los elastómeros son aquellos polímeros de gran deformación elástica, y que es su deformación prácticamente carecen de deformaciones permanentes o plásticas. Dentro de esta clasificación se comprenden los látex y los cauchos, que a su vez se dividen en cauchos naturales y sintéticos.

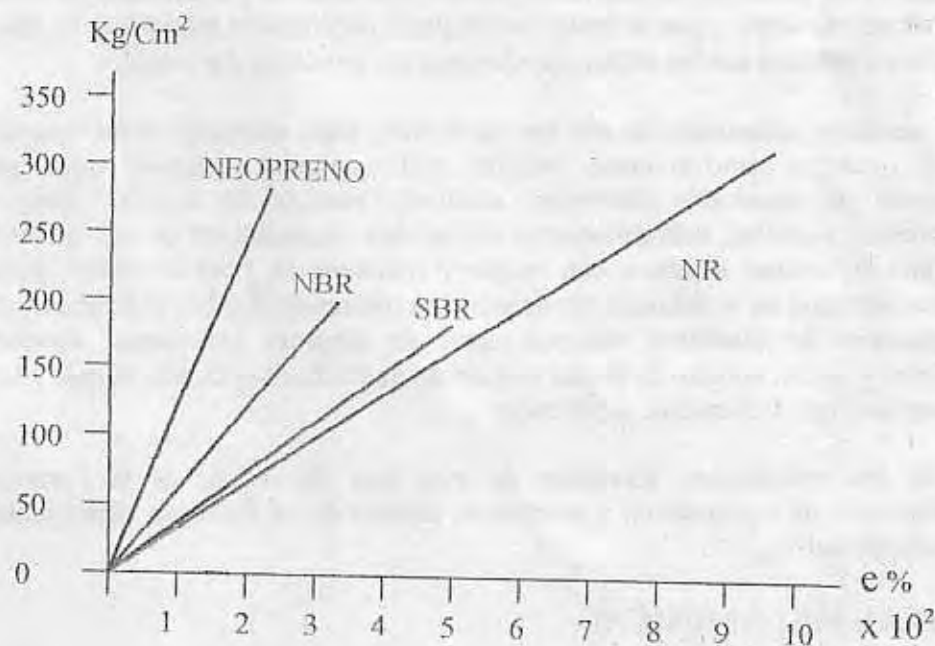
El caucho natural, extraído de la resina de látex, del árbol *Hevea Brasilensis*, es un polímero natural de nombre poliisopreno, que se encuentra en forma de dispersión acuosa, conjuntamente con sales minerales, residuos vegetales, azúcares y otros componentes. El caucho natural NR se extrae de la resina látex por centrifugación, secado y coagulado, luego debe ser sometido a un proceso de vulcanizado con el fin de darle consistencia y dejarlo en condiciones de trabajo mecánico.

En estado natural es extraordinariamente elástico, con valores de deformación de 900% y más, en tanto que su resistencia a la tracción es baja, presentando además una temperatura de vitrificación bastante alta, alrededor de los 28°C , lo que a temperaturas ambiente impide su utilización. Es también sensible a la degradación por efecto de la luz solar (UV) y fácilmente soluble en solventes comunes.

Las condiciones descritas hacen imprescindible su tratamiento por masticación, (molienda) y vulcanizado, que es básicamente un proceso de cocción en presencia de azufre, 140°C y hasta 32% de azufre, con lo que se logran eliminar casi por completo las indeseables condiciones antes descritas y se obtiene un polímero industrial de amplia aplicación, donde fundamentalmente el porcentaje de azufre de la vulcanización es el control de la elasticidad del caucho, por lo que se logran elásticos muy resistentes con 1 a 2 % de S, caucho de neumáticos con un 4 a 6 % de S, hasta materiales rígidos como la ebonita con el 30 % de S.

Los cauchos sintéticos constituyen por lo general esfuerzos por fabricación de polímeros de características similares a un costo menor, así se han desarrollado infinidad de estos materiales, de los cuales los de interés industrial son el polibutadieno BR, el poliisopreno sintético IR, el polibutadieno - estireno SBR, caucho nitrílico NBR y el neopreno CR (policloropreno), pero cabe destacar que ninguno ha podido igualar las características mecánicas del NR

Aunque industrialmente existe una gran variedad de los cauchos, estas diferencias se deben fundamentalmente a los aditivos, plastificantes, colorantes y lubricantes que se añaden en la fabricación, los cuales pueden ser de muy diversa naturaleza, desde los aceites minerales, el caolín, las breas, y otros elementos destinados a modificar las propiedades para usos específicos. Sin embargo puede establecerse una base de comparación del comportamiento mecánico de tracción de estos polímeros, sobre ensayos de elementos puros, los cuales se reflejan en la siguiente gráfica.



III DUROPLÁSTICOS

Los duro plásticos están compuestos principalmente por resinas, cuyo comportamiento es marcadamente diferente al de los polimeros estudiados hasta ahora, tienen una mayor resistencia a tracción, una fluencia a mayores temperaturas, una mayor estabilidad adimensional y son más compactos y duros.

Los principales duroplásticos industriales son las resinas fenólicas, las melaminas, las resinas de poliéster y las resinas epoxicas.

RESINAS FENOLICAS

Este tipo de resinas son el producto de la reacción entre el formaldehído y el fenol, polimerización que de acuerdo a la proporción de formaldehído produce una gran variedad de resinas desde las más rígidas hasta plásticas deformables, recibiendo diversos nombre tales como resoles, resitoles, o simplemente baquelitas (nombre vulgar de las resinas fenolicas).

Mecánicamente las resinas con menor grado de cristalización son los resoles, que contienen un exceso de formaldehído y corresponden a las resinas más blandas y deformables, en grado intermedio se encuentran los resitoles, y finalmente las de mayor grado de cristalinidad, y por lo tanto con mayores propiedades mecánicas de dureza y resistencia a tracción son las resinas que llegan a ser infusibles e insolubles.

Las aplicaciones industriales de este tipo de resinas, están centradas en las mezclas con aditivos y cargas como la mica, amianto, grafito, aserrín y algunas otras, para la producción de accesorios eléctricos, aislantes, paneles de control, mangos de herramientas, manillas, instrumentación electrónica. Actualmente se han desarrollado aleaciones de resinas fenolicas con cargas y refuerzos de fibra de vidrio, pudiendo entonces aplicarse en la industria mecánica, para rotores de bombas hidráulicas, paletas de agitadores de alimentos, transportadores de alimento balanceado, tornillos de transporte, y un sin numero de piezas mecánicas que deben ser de alta dureza y ademas no contaminantes, y altamente dieléctricas.

Uno de las aplicaciones corrientes de este tipo de resina, es la Formica, en revestimientos de construcción y mueblería, además de su inclusión como pinturas y aplicaciones textiles.

RESINAS MELAMINICAS

Resina que es la reacción del formaldehído con la melamina, y que produce un compuesto de mejores propiedades que las fenolicas, especialmente en su calidad superficial, resistencia al calor, dureza y menor absorción de agua. Por estas condiciones se pueden fabricar productos de uso doméstico, industrial que deben

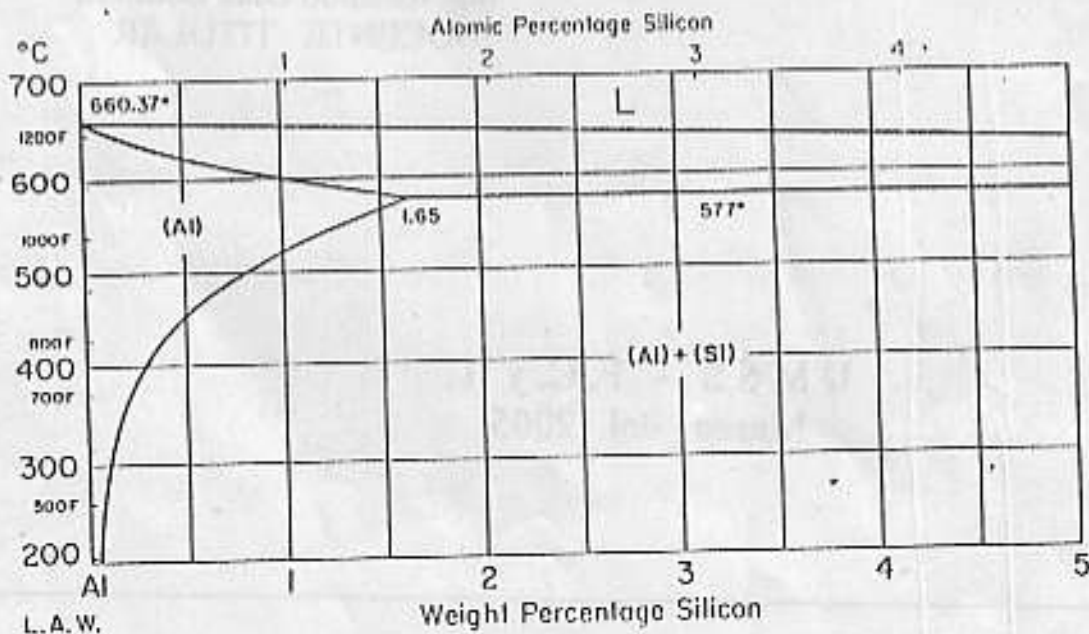
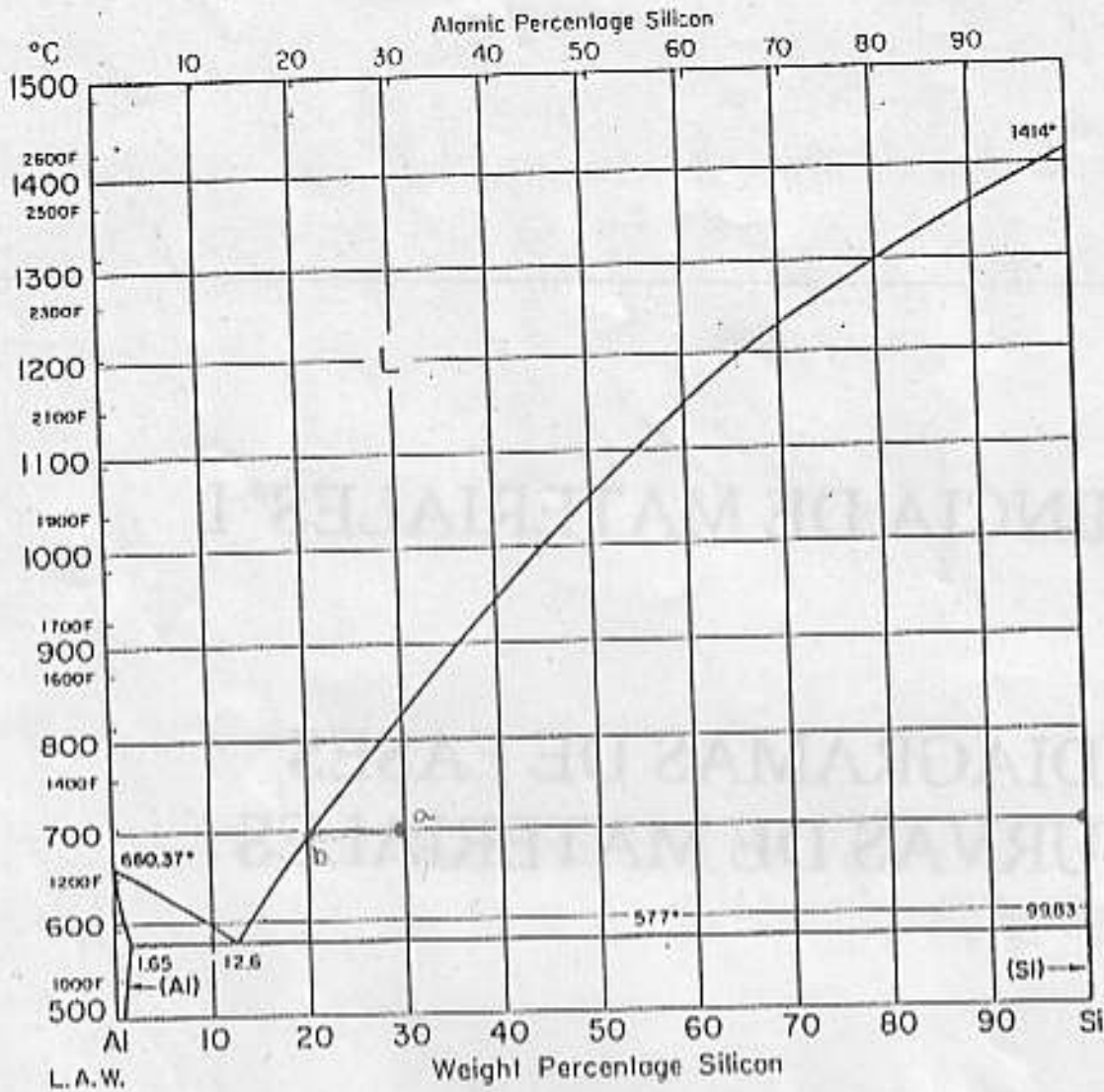
CIENCIA DE MATERIALES I

DIAGRAMAS DE FASES CURVAS DE MATERIALES

Ing. Rolando Díaz Coimbra
DOCENTE TITULAR

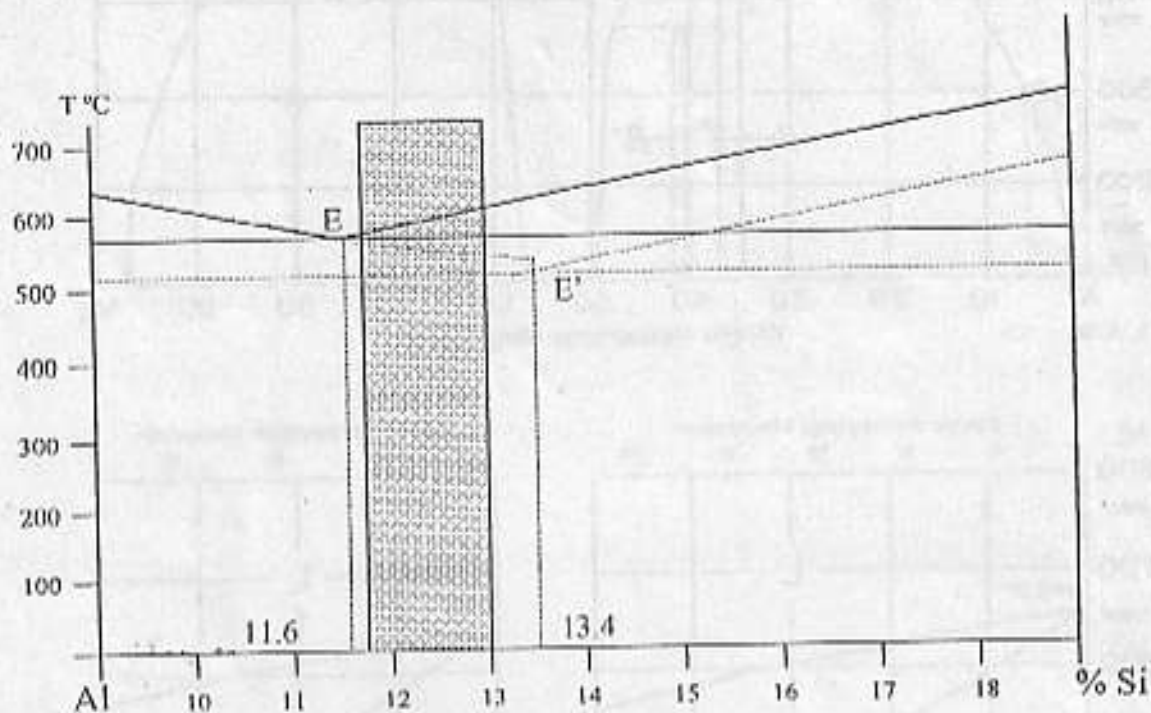
UMSS - F.C.y T.
Marzo del 2005

Al-Si ALUMINUM SILICON



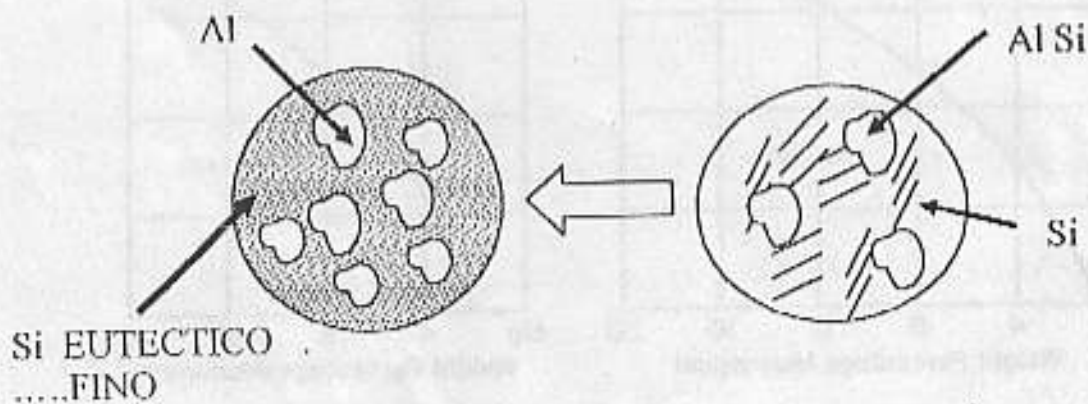
MODIFICADO SILUMINIO EUTÉCTICO PARA MOLDEO

[Desplazamiento del eutéctico por adición de 1% de Na ($\frac{2}{3}$ Na F + $\frac{1}{3}$ Na Cl)]

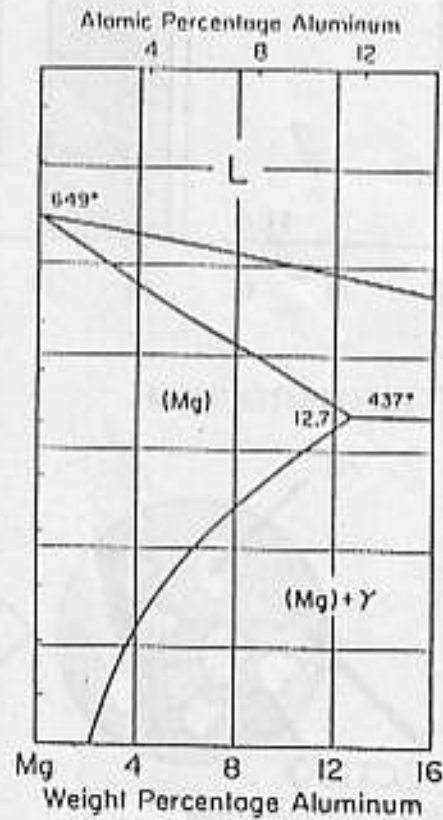
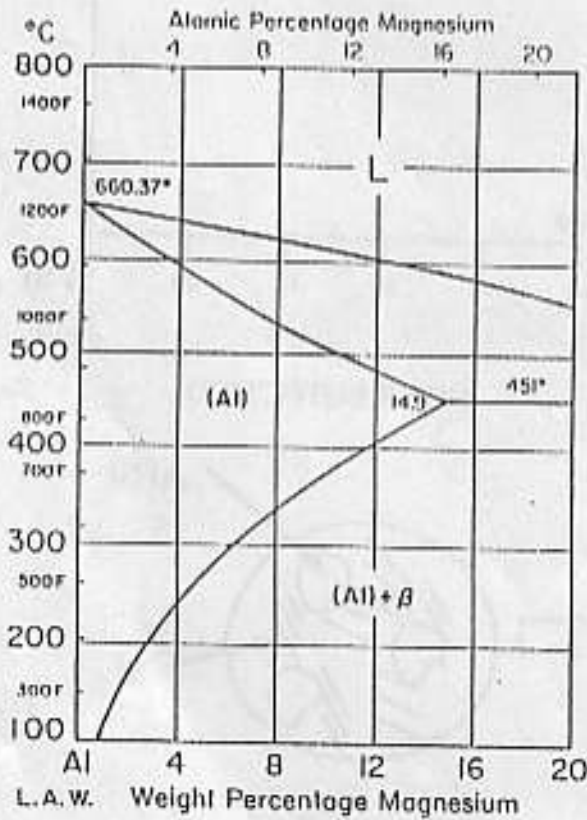
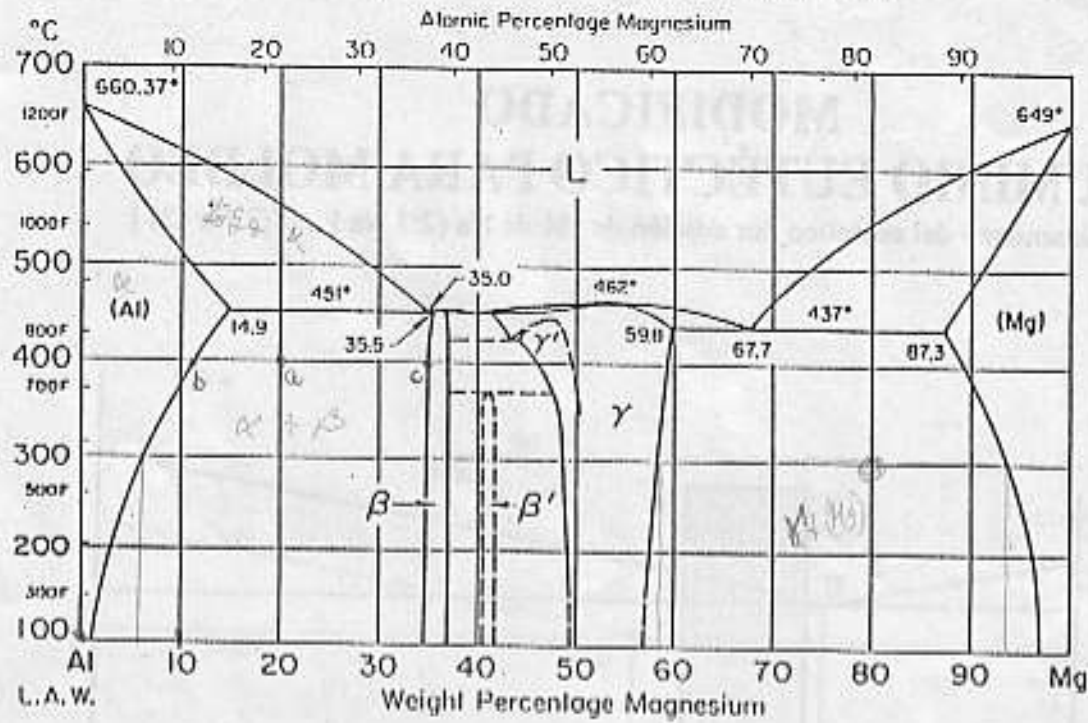


HIPO EUTÉCTICO

HIPER EUTÉCTICO



Al-Mg Aluminum-Magnesium



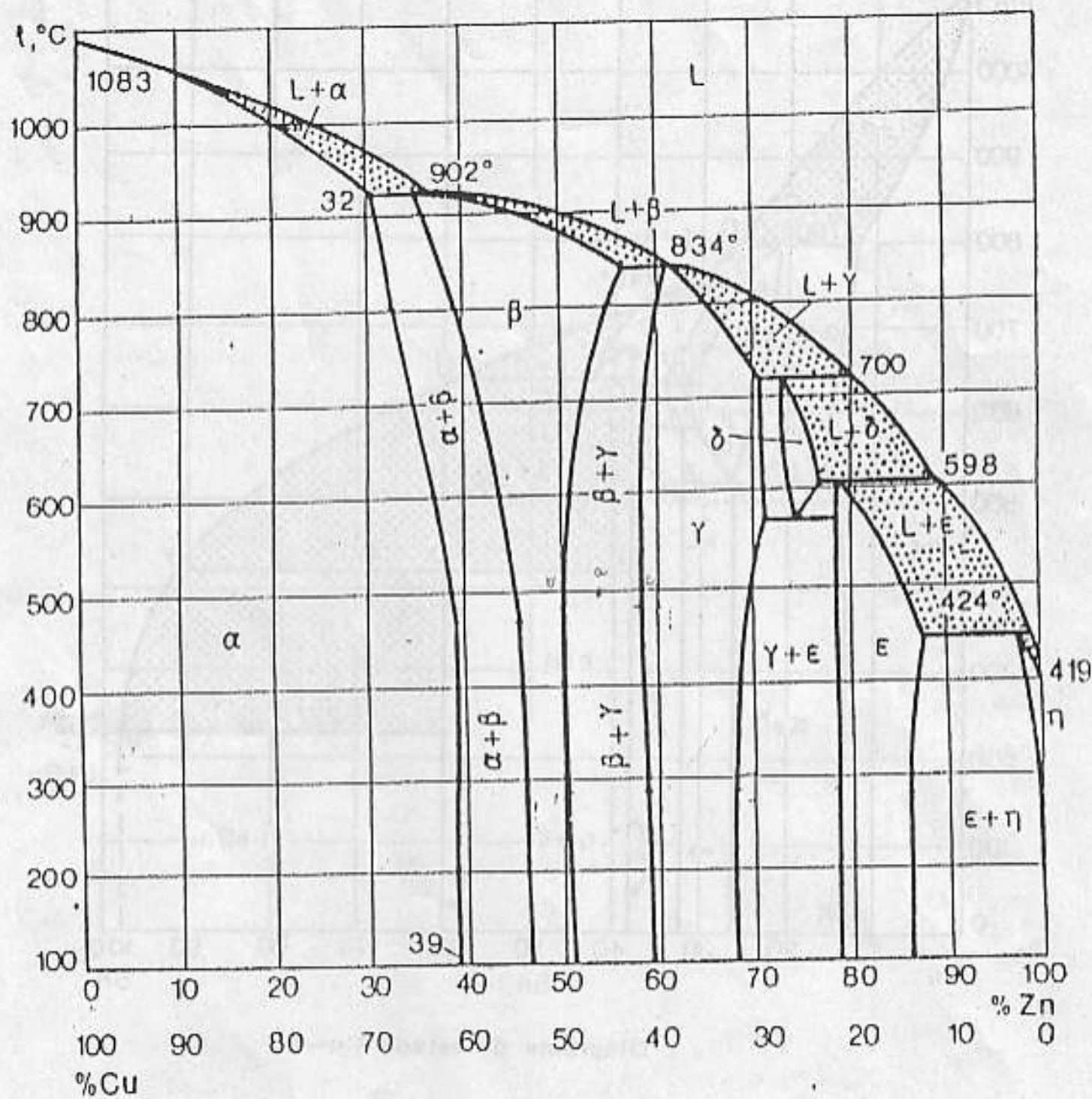


Diagrama de estado Cu—Zn

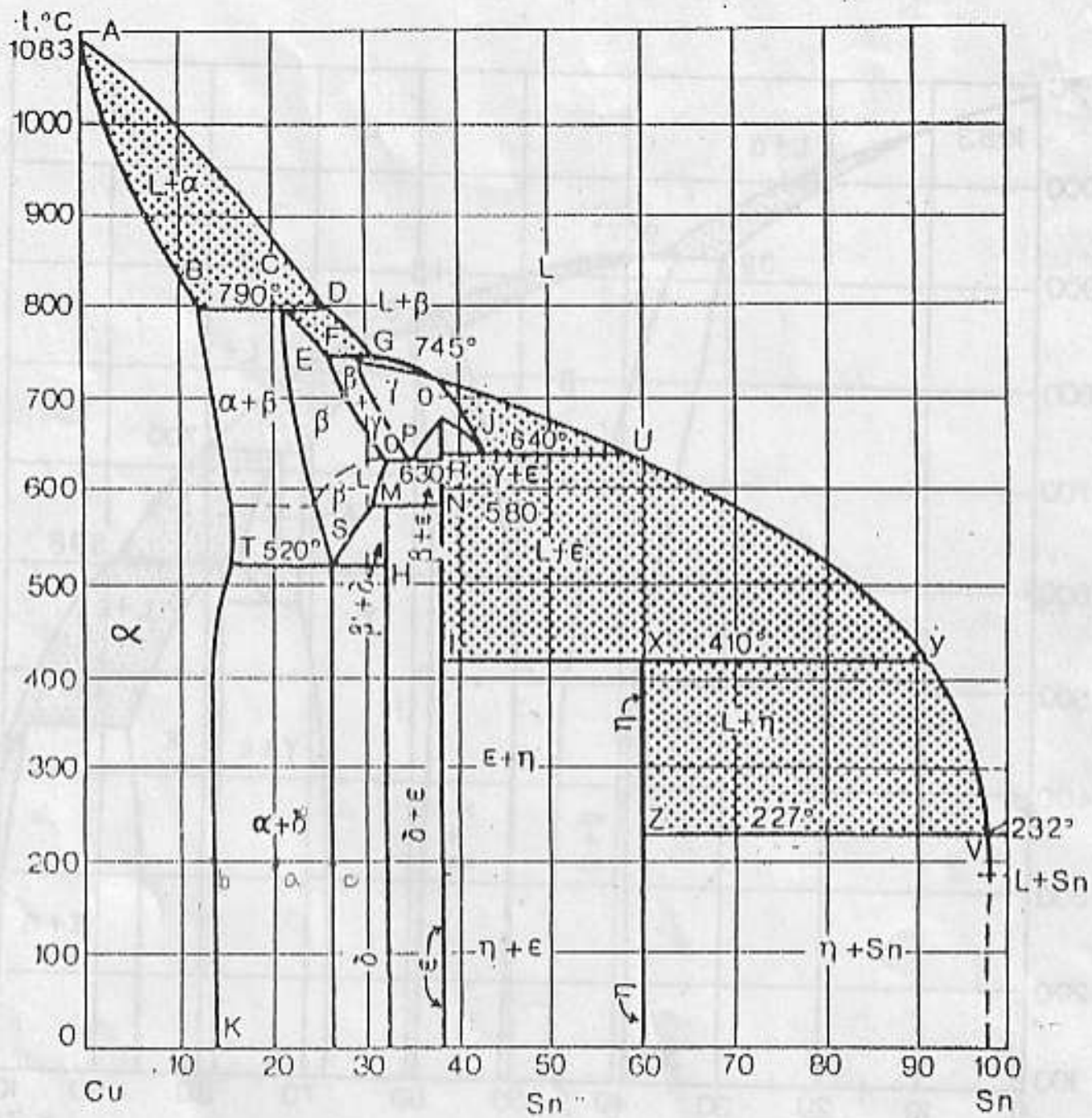
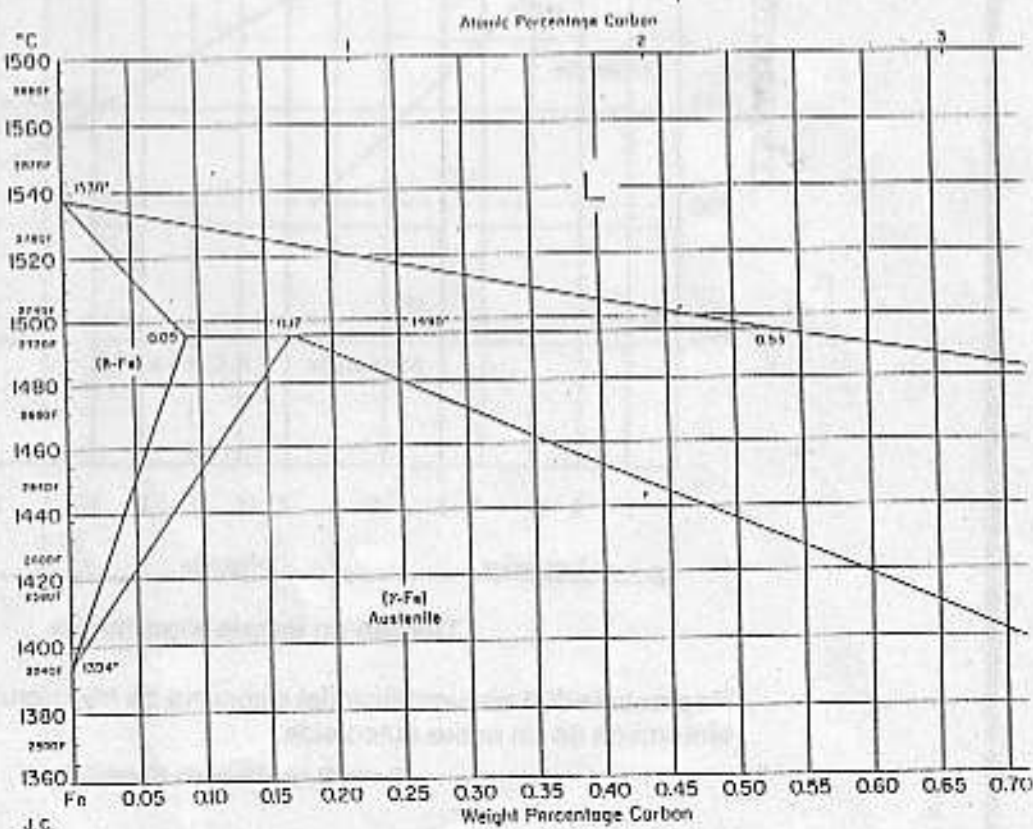
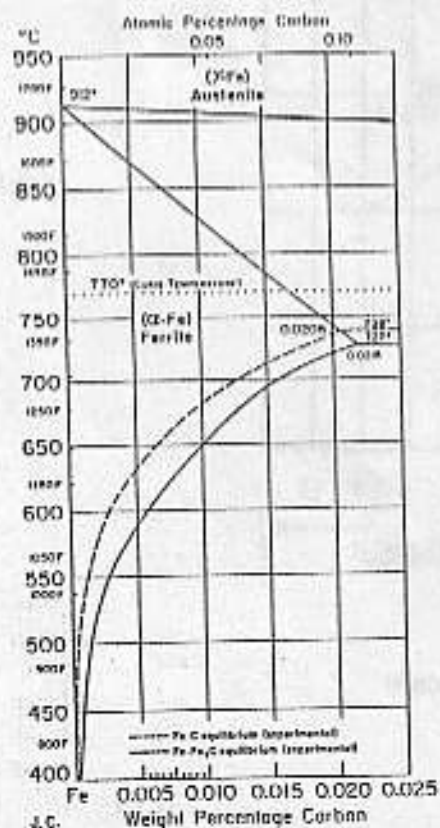
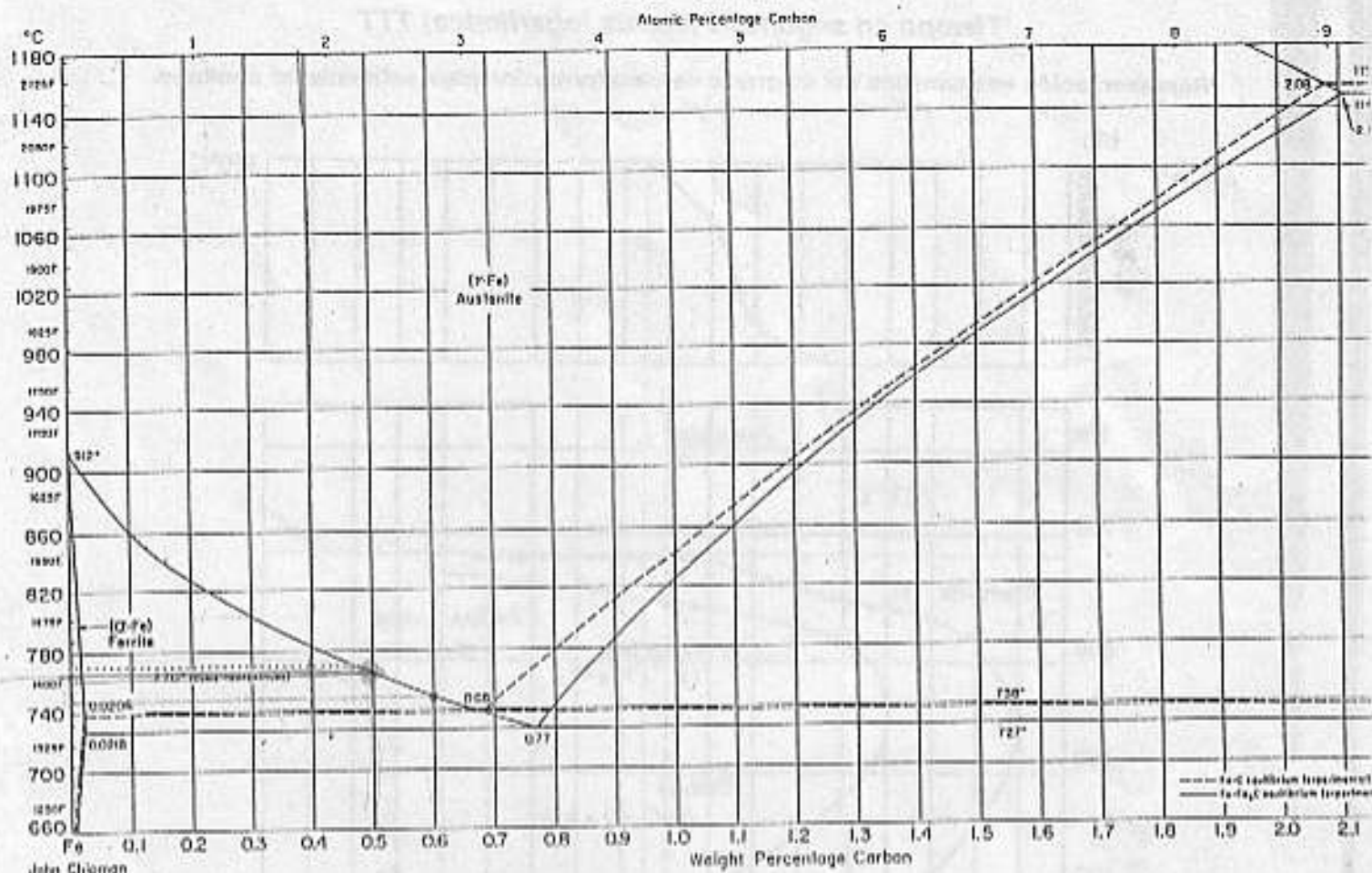


Diagrama de estado Cu—Sn

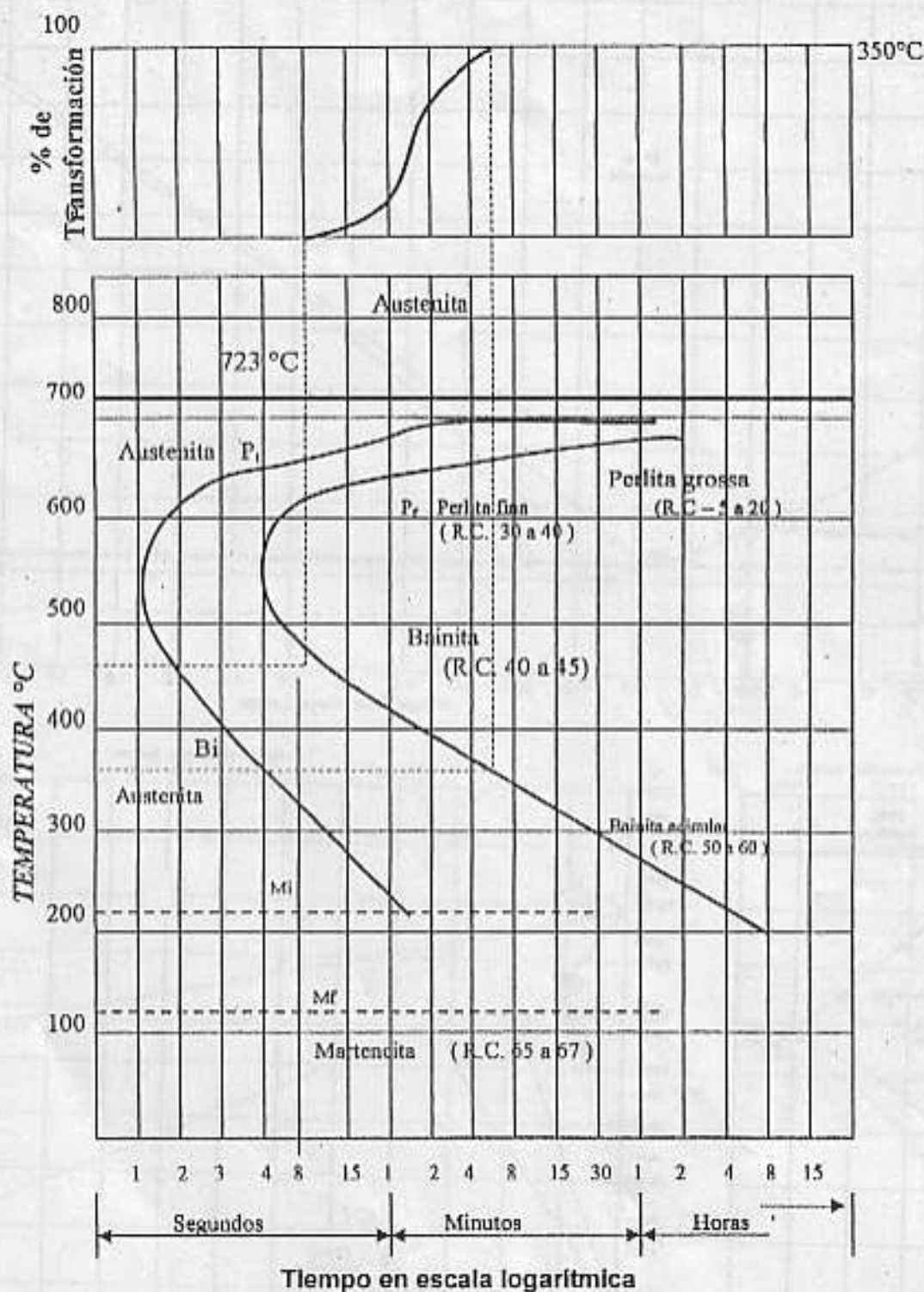
Phase Diagrams of Binary Alloy Systems

C-Fe Carbon-Iron



Tiempo en segundos (escala logarítmica) TTT

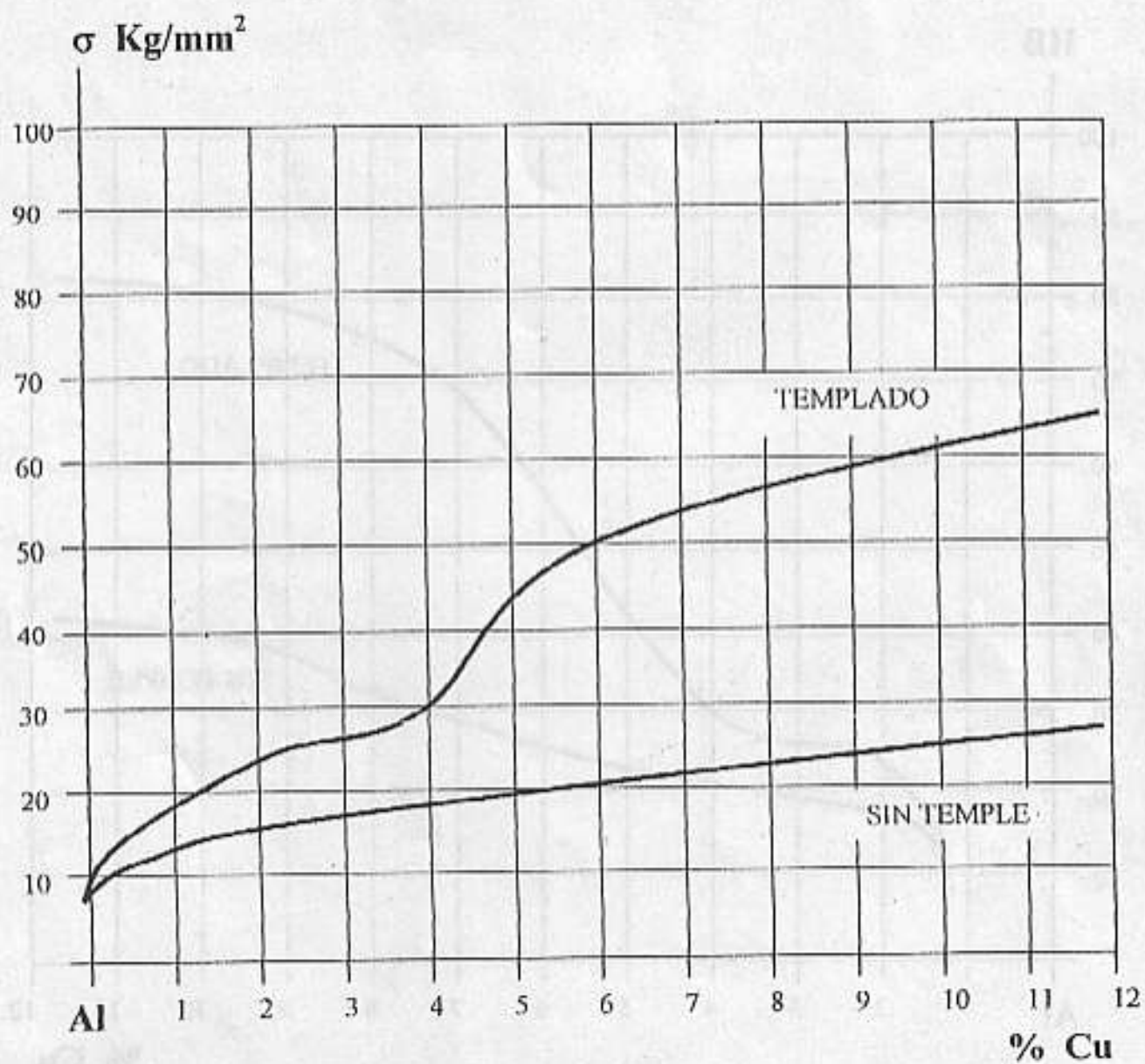
Representación esquemática del diagrama de transformación para enfriamiento continuo.



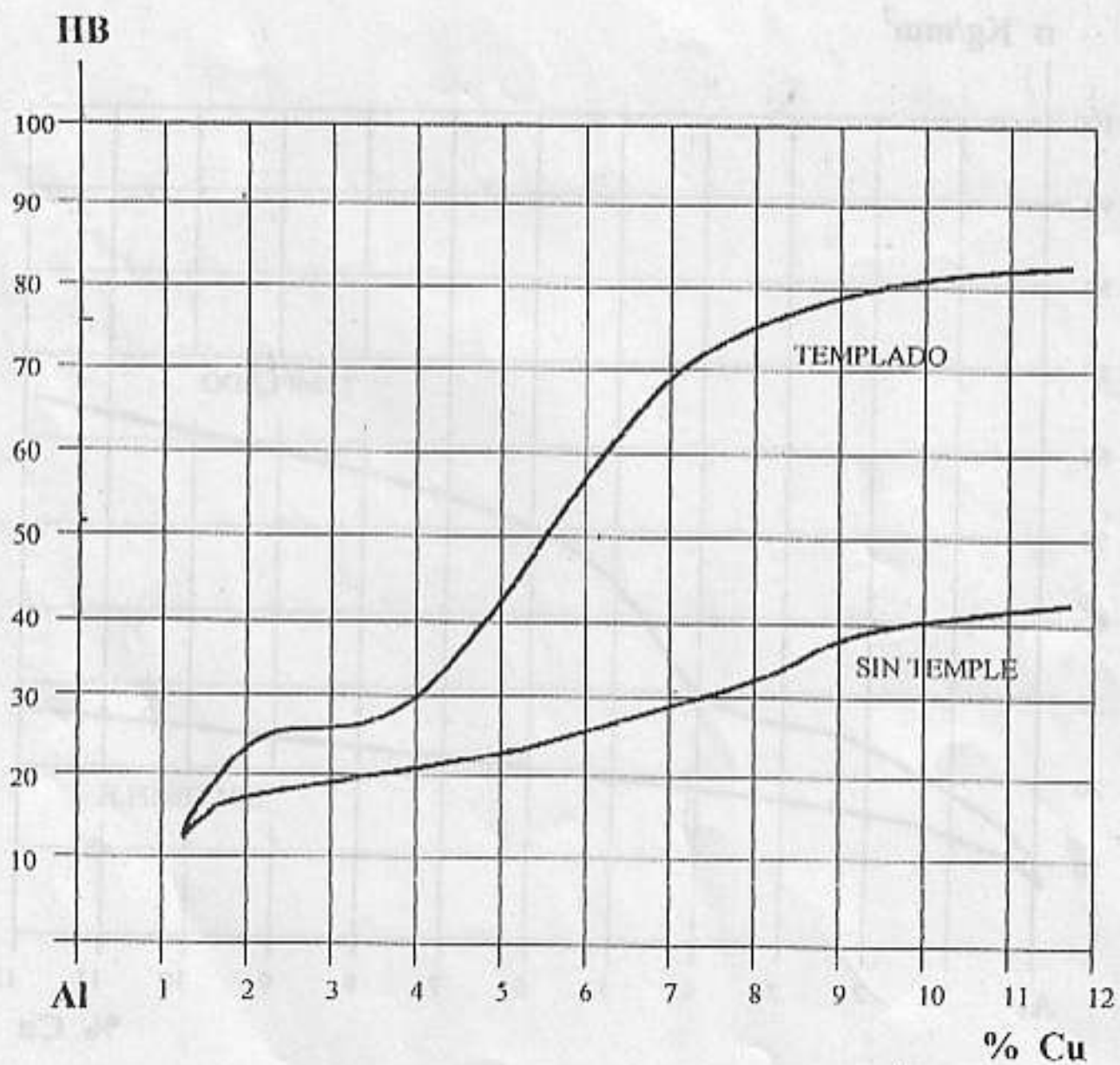
Representación esquemática del diagrama de transformación Isotérmica de un acero eutectoide.

Fuente: Elaboración propia (Choverini)

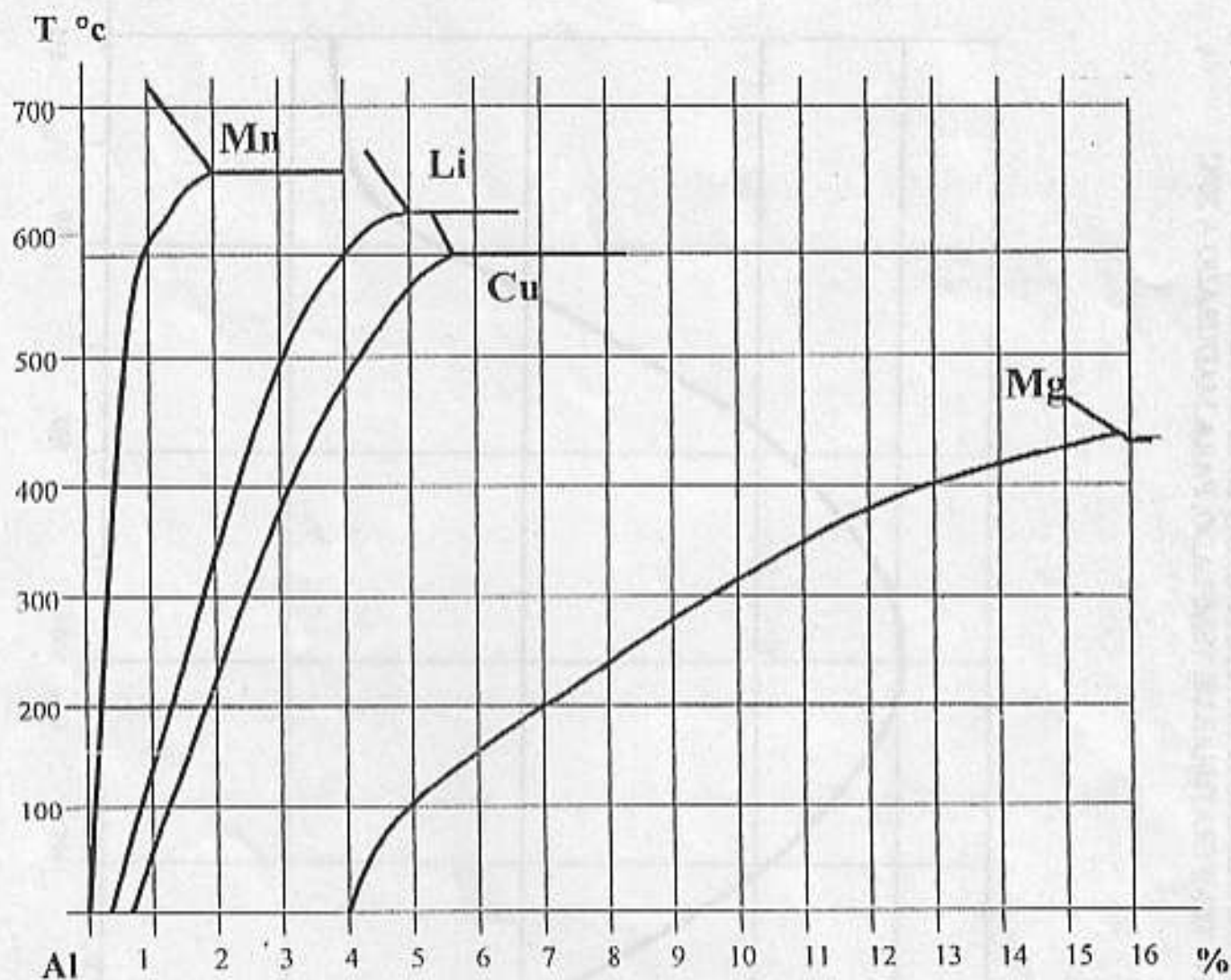
RESISTENCIA A TRACCIÓN ALEACIONES DE ALUMINIO Y COBRE



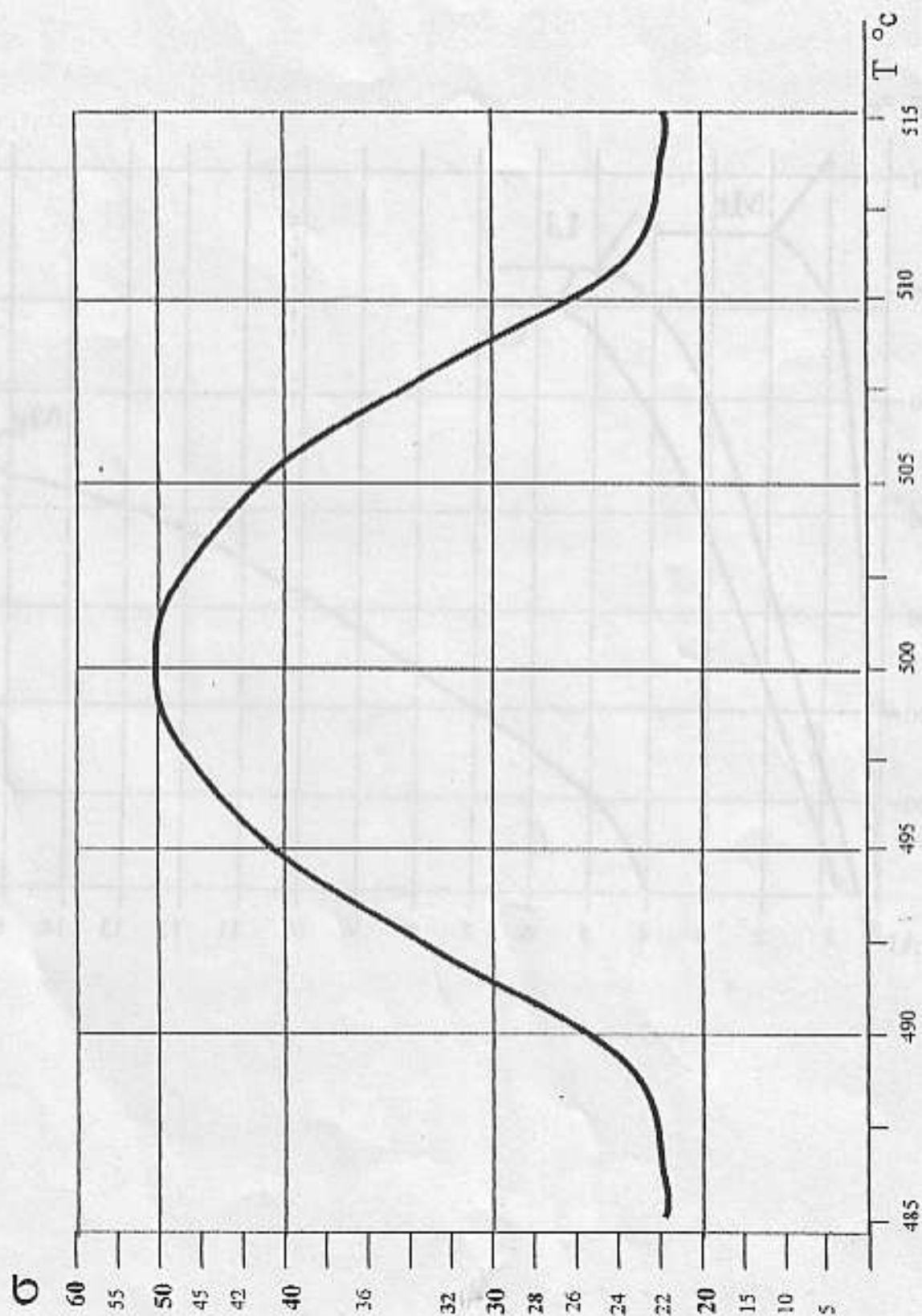
DUREZA DE TEMPLE ALEACIONES DE ALUMINIO Y COBRE



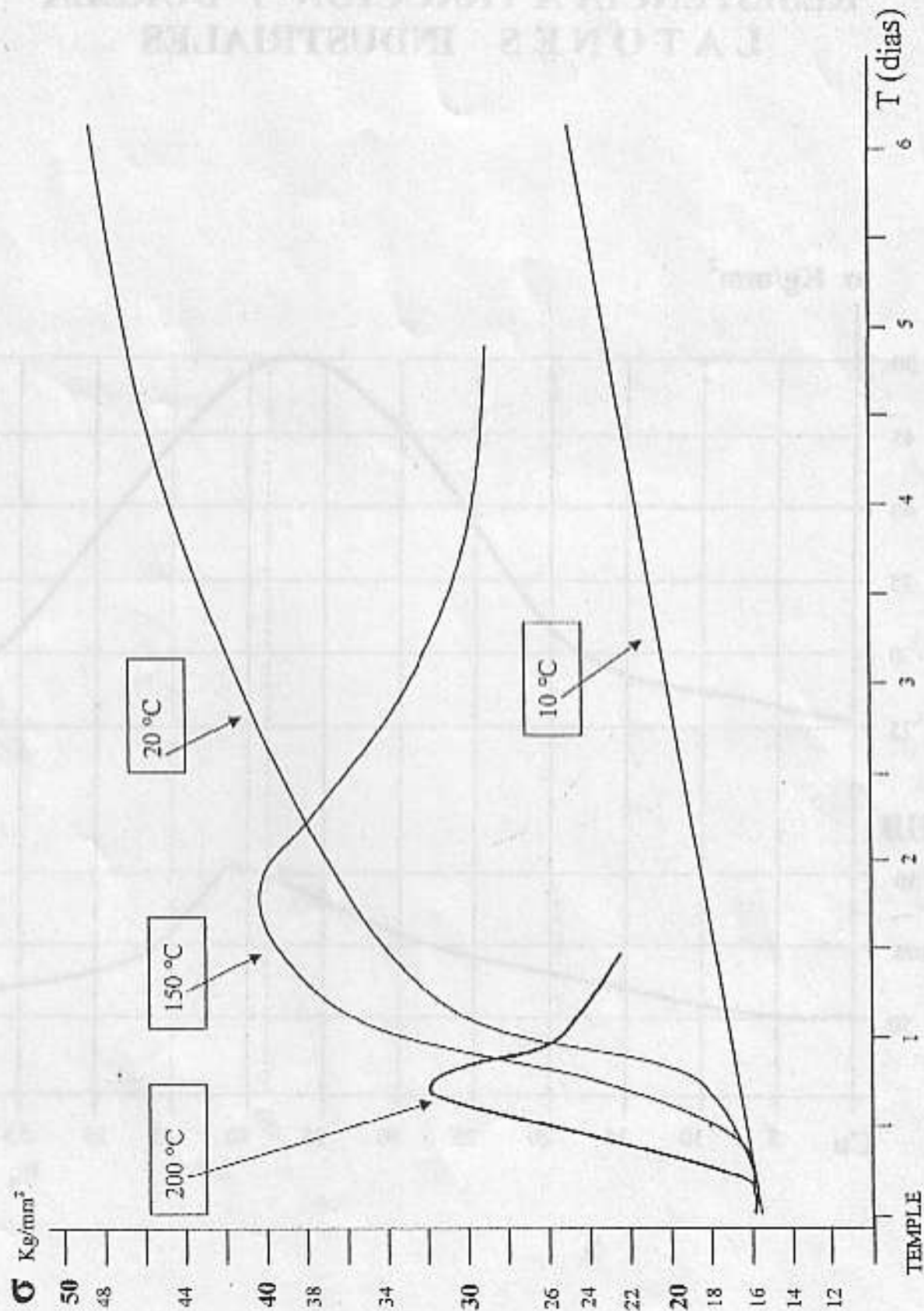
TEMPERATURAS DE TEMPLE ALEACIONES TRATABLES COMERCIALES DE ALUMINIO



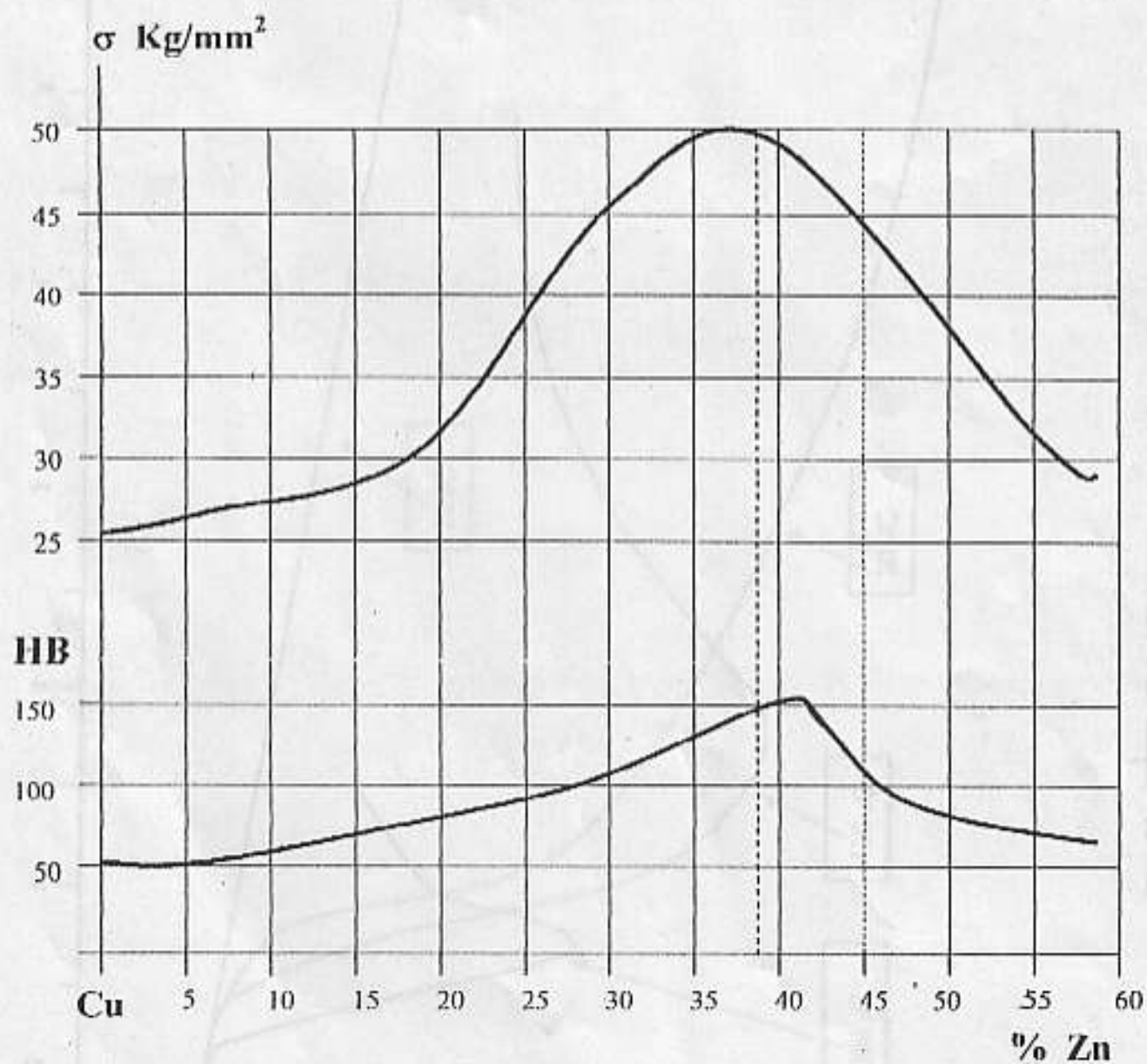
RESISTENCIAS MÁXIMAS A LA TRACCIÓN DEL DURALUMINIO AlCu4Mg2
SEGÚN TEMPERATURAS DE TEMPLADO, PARA MADURADO A 20°C



RESISTENCIA A TRACCIÓN DE DURALUMINIO AlCu4Mg2 SEGÚN TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE MADURACIÓN (TEMPLE 500°C)

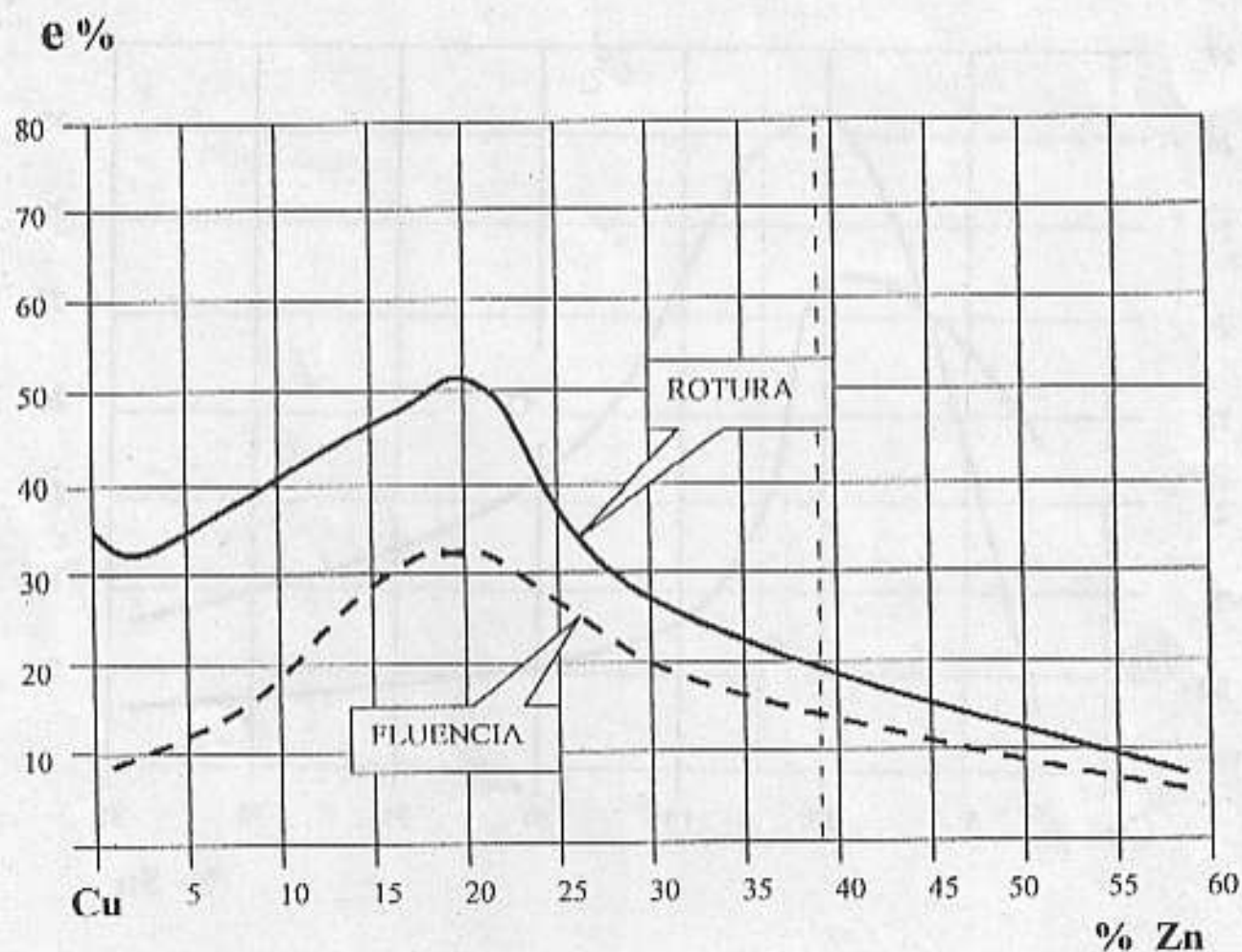


RESISTENCIA A TRACCIÓN Y DUREZA LATONES INDUSTRIALES



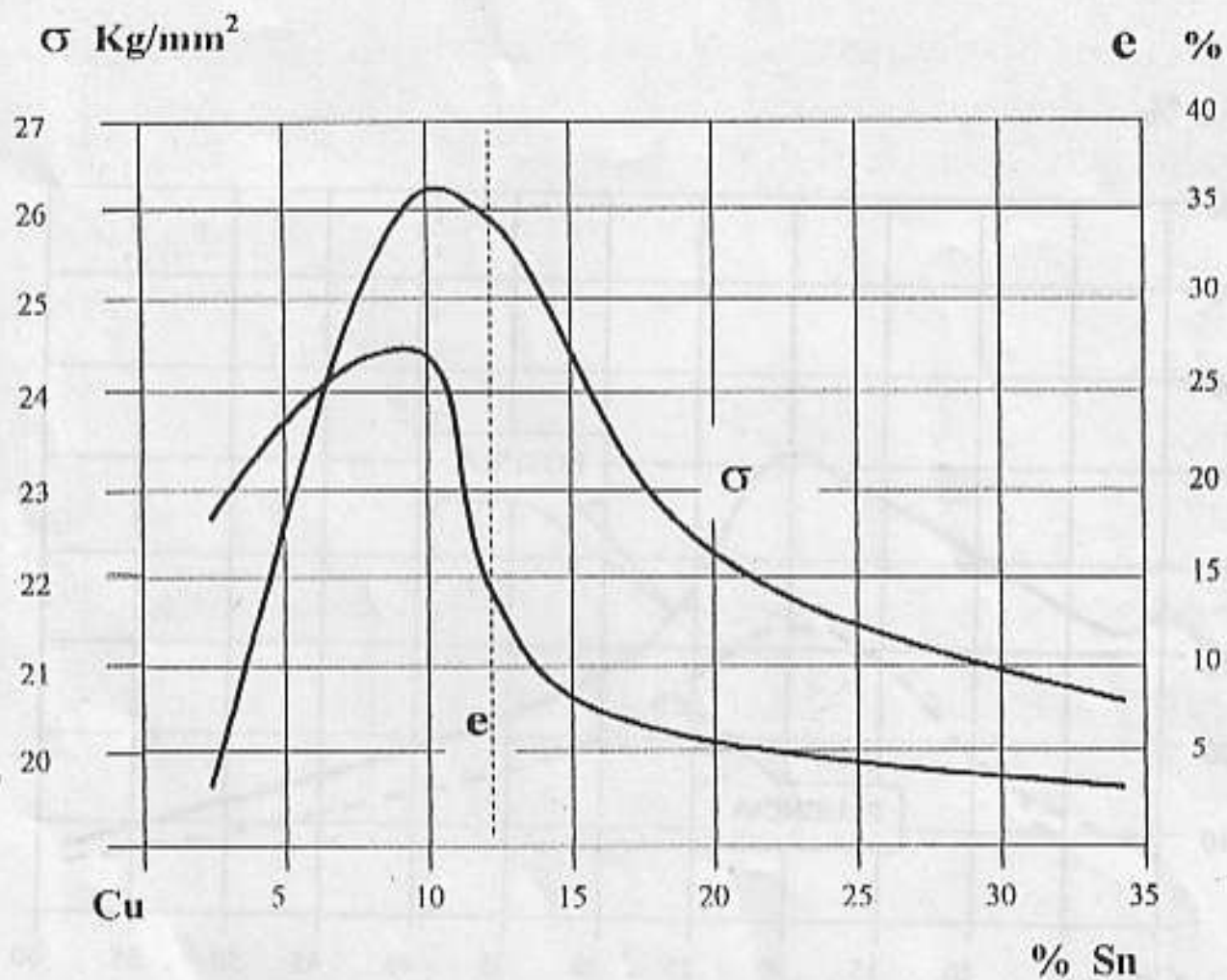
DEFORMACIÓN DE ROTURA

LATONES INDUSTRIALES



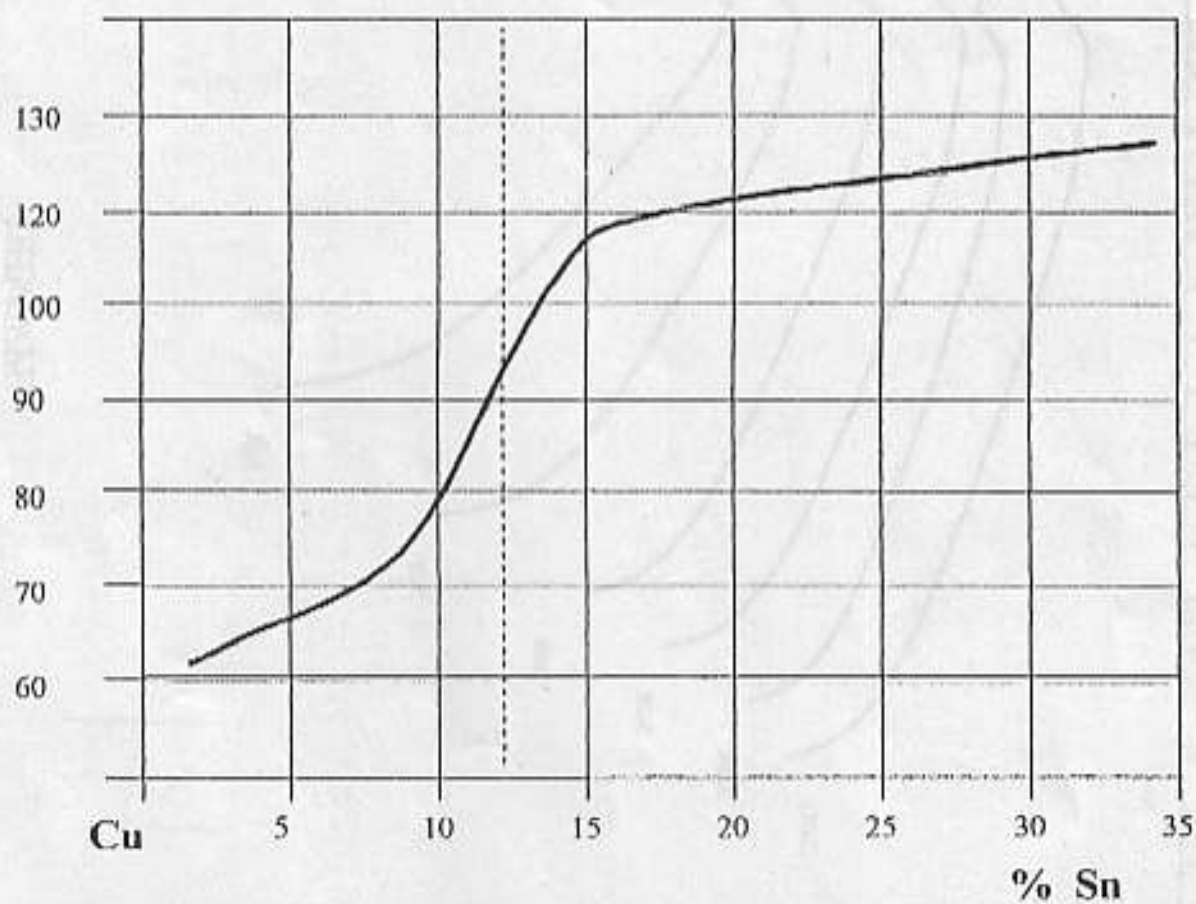
RESISTENCIA A TRACCIÓN DEFORMACIÓN DE ROTURA

BRONCES INDUSTRIALES



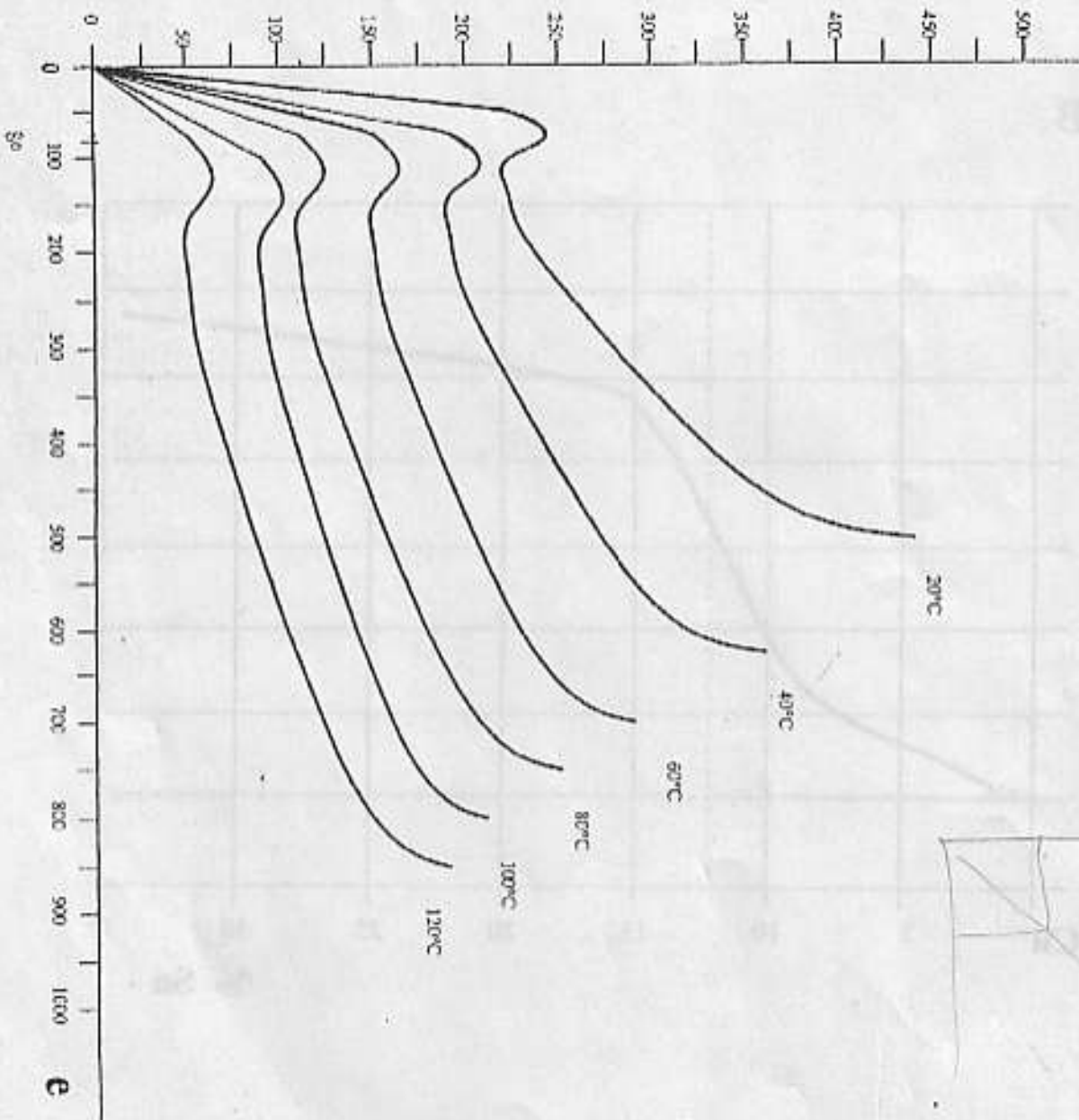
DUREZA BRONCES INDUSTRIALES

HB



RESISTENCIA A TRACCIÓN POLIETILENO DE ULTRA ALTA DENSIDAD UHMWPE

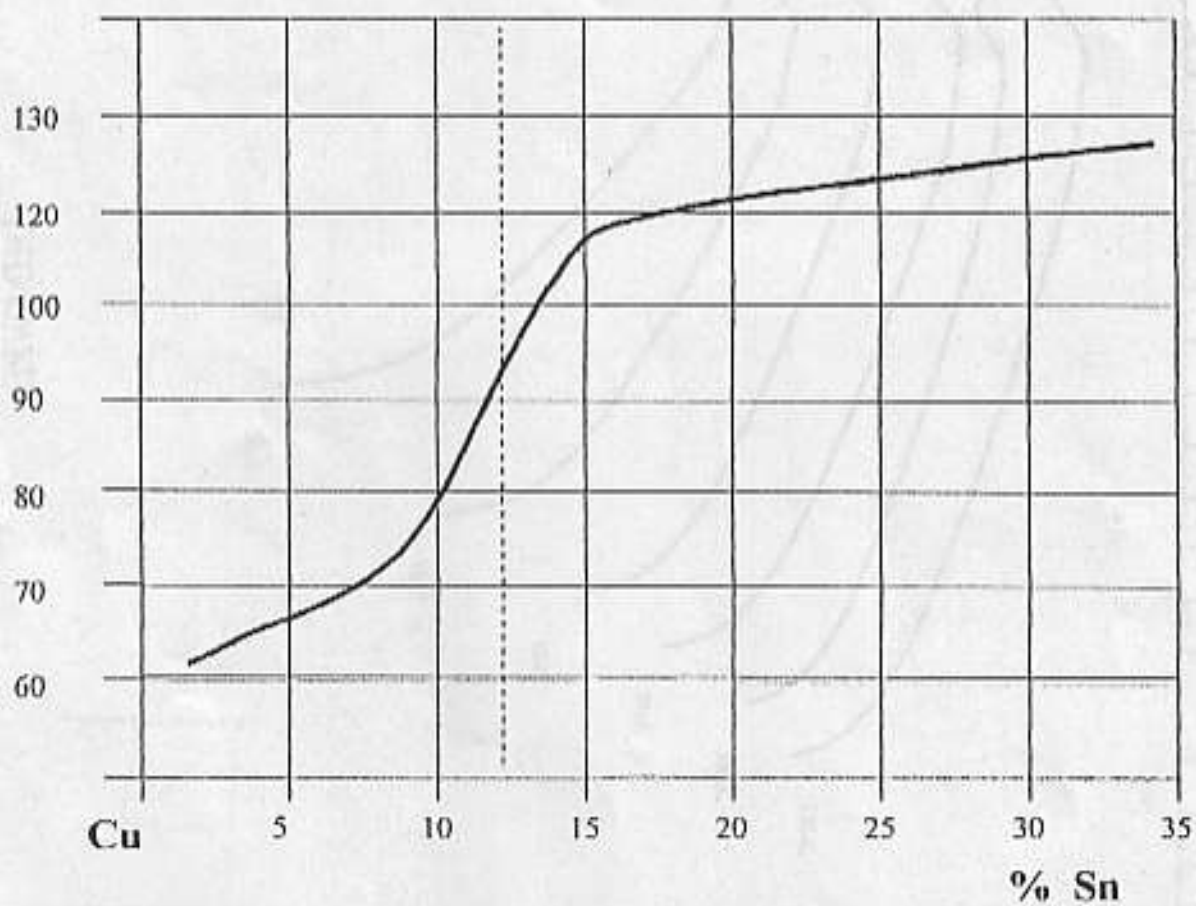
σ Kg/cm²



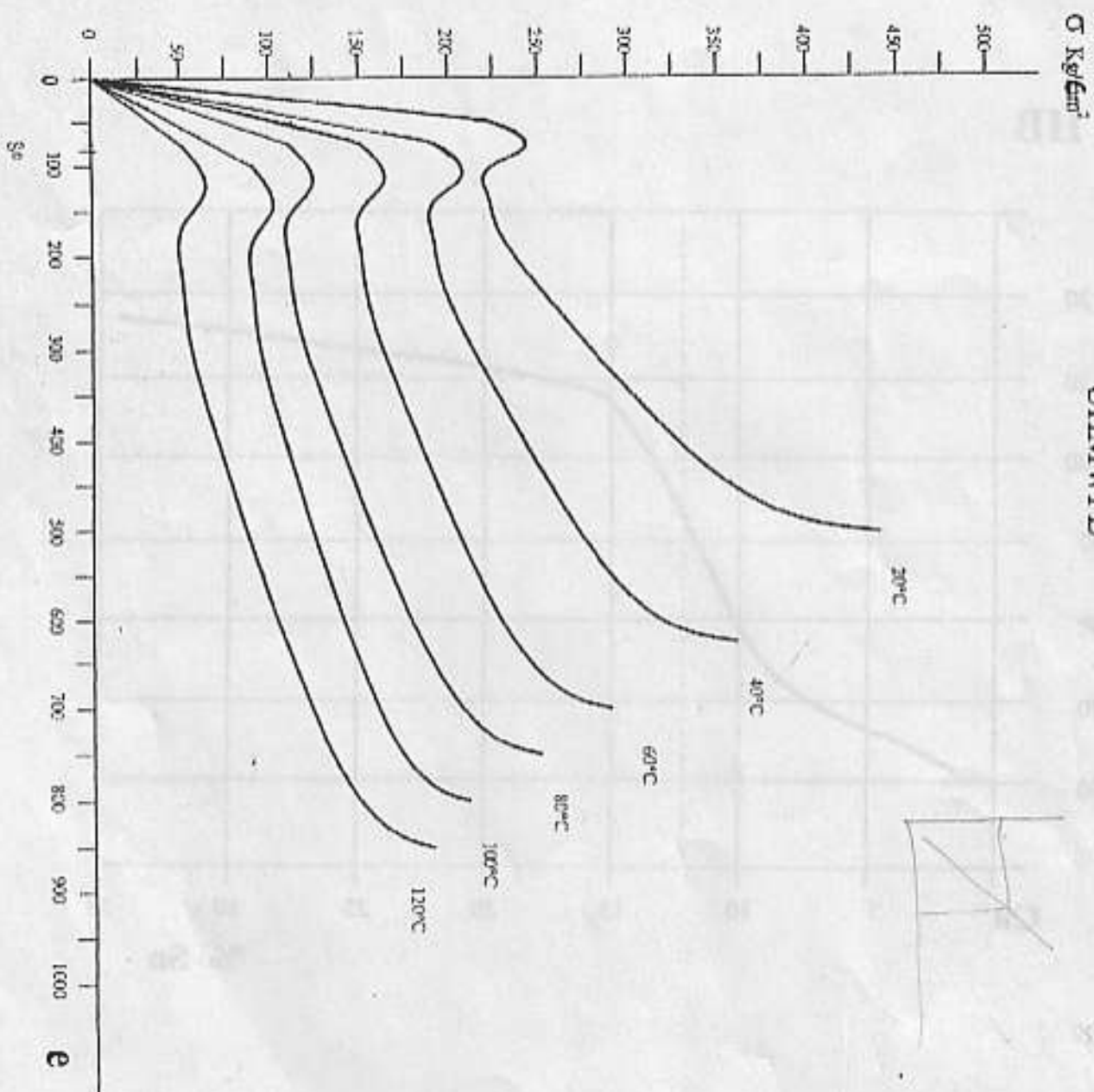
$\epsilon = 5.5\%$

DUREZA BRONCES INDUSTRIALES

HB

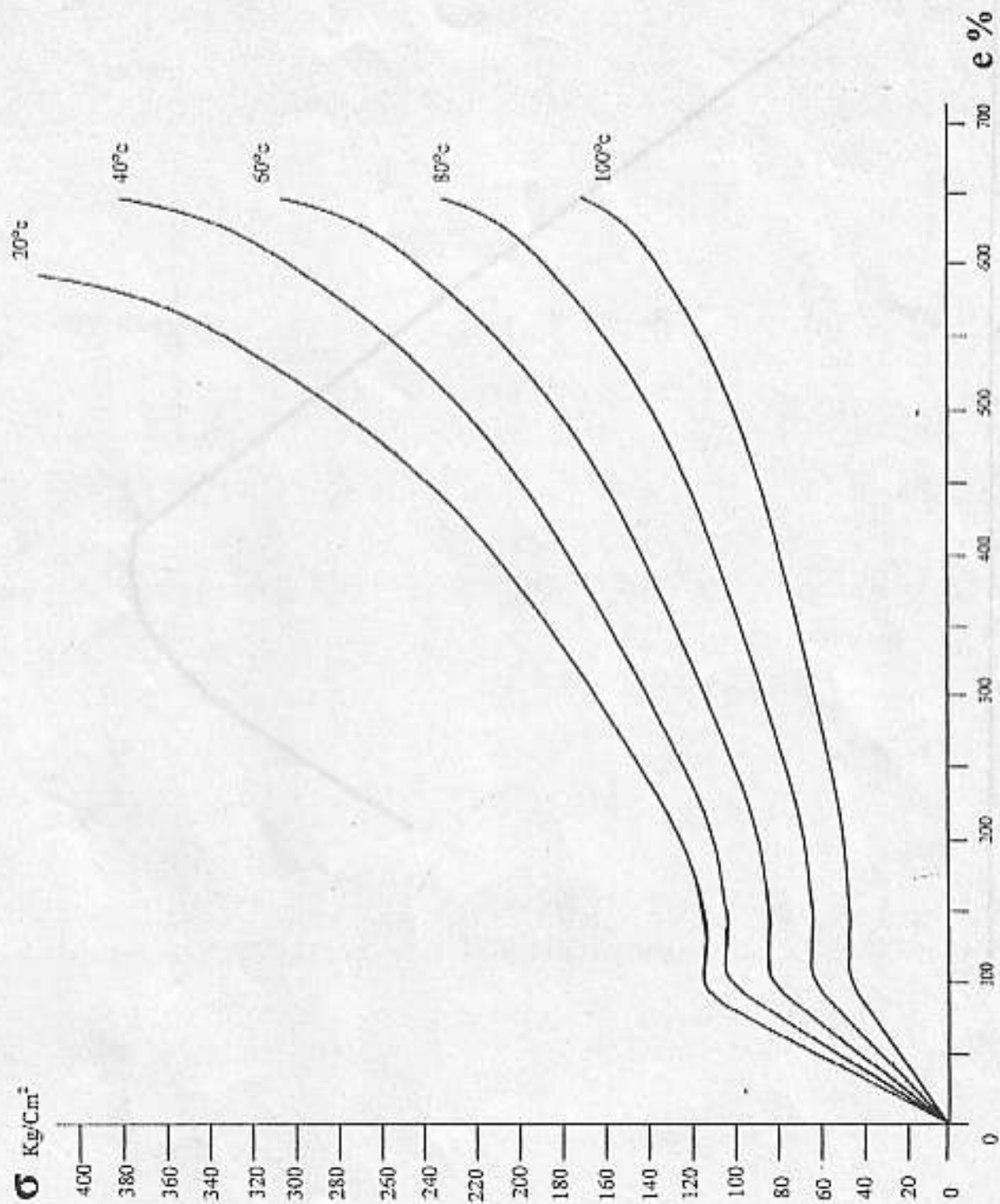


RESISTENCIA A TRACCIÓN POLIETILENO DE ULTRA ALTA DENSIDAD UHMWPE

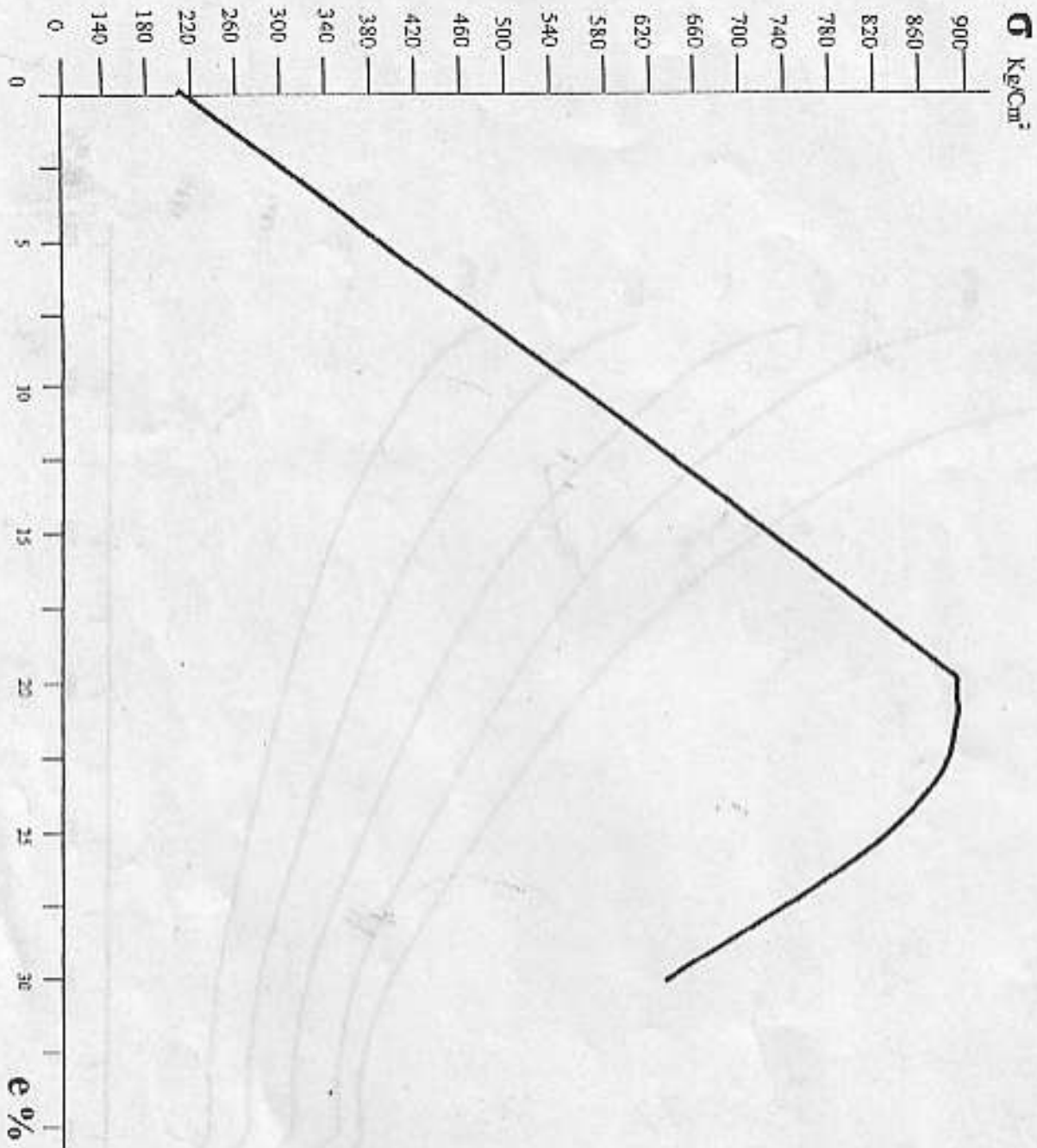


$\beta = 5.5$

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ESTÁTICA DEL PTFE puro (Ensayo estático carga programada y T=Cte.)

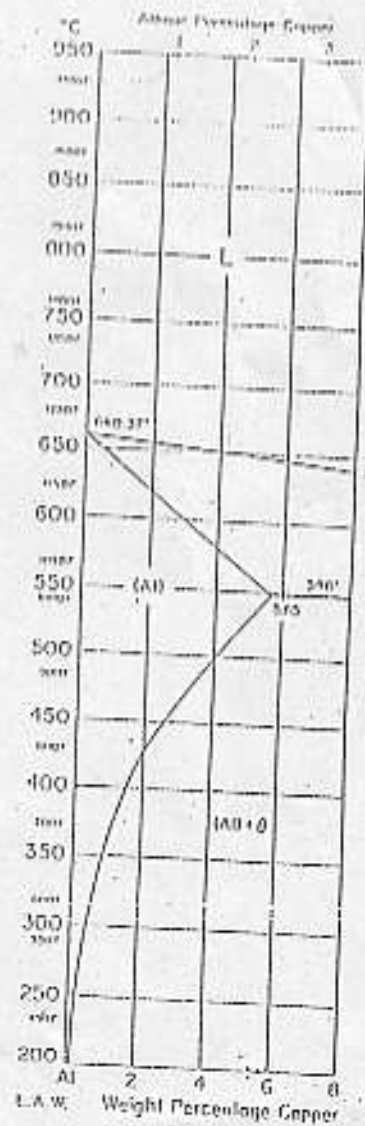
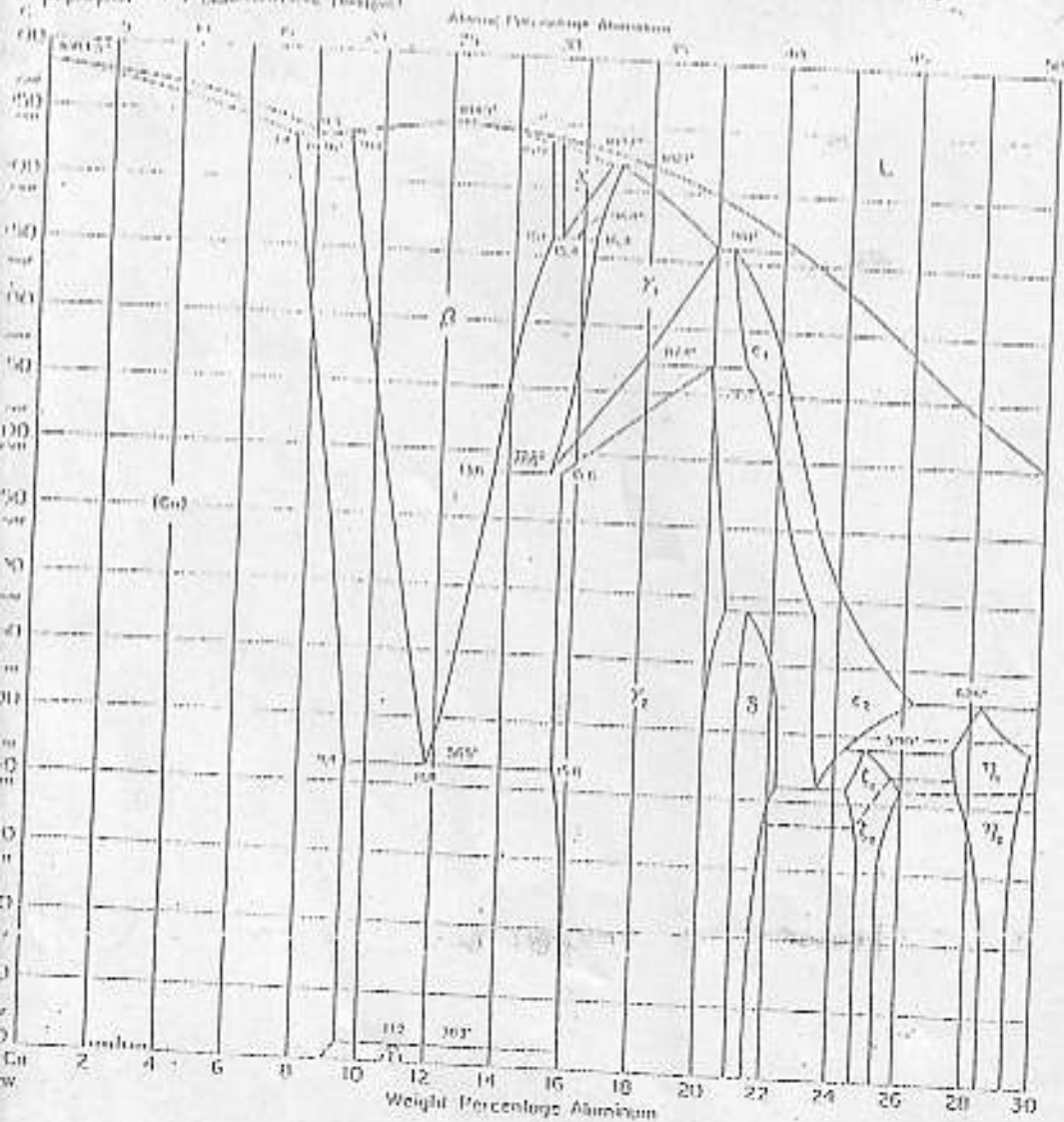
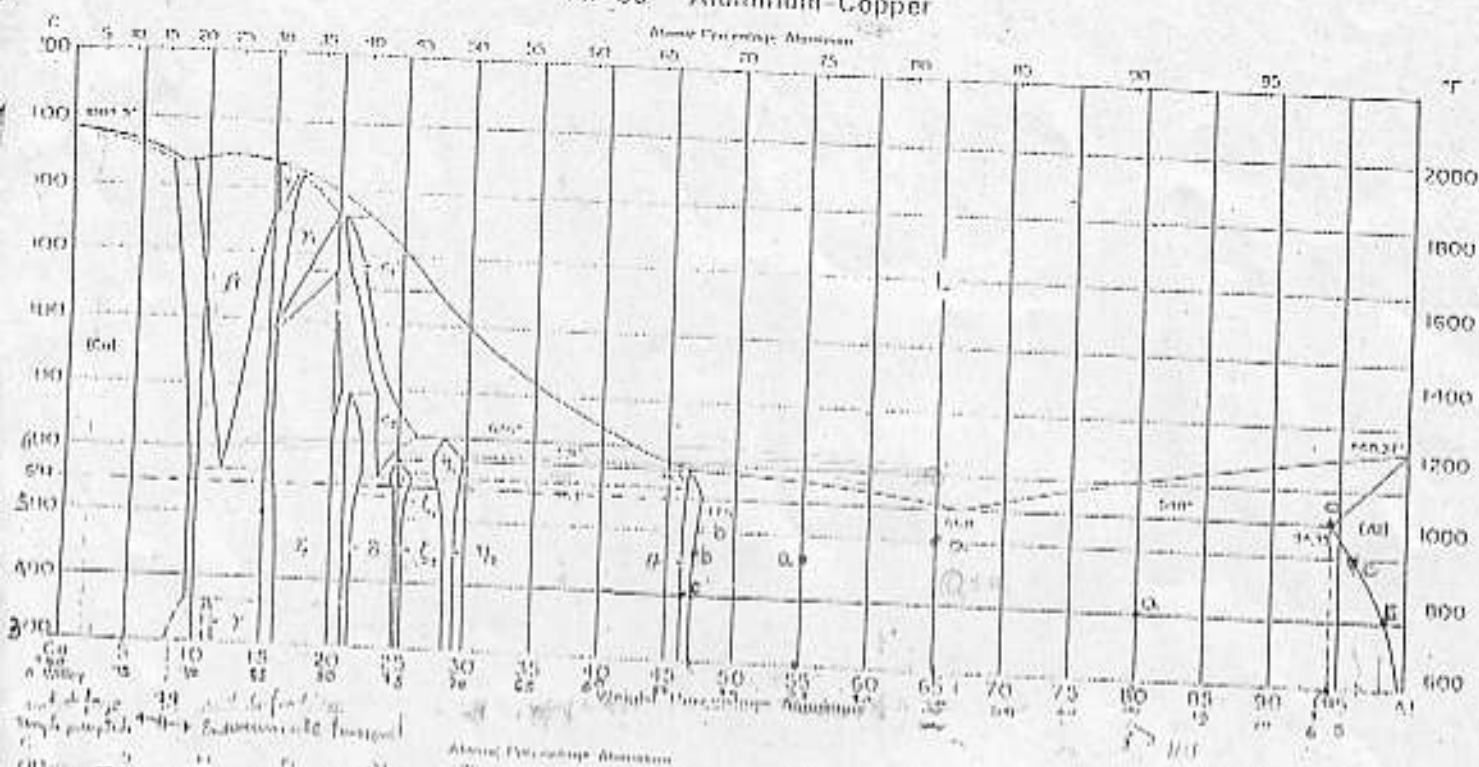


RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ESTÁTICA DEL NYLON 6.6
(Ensayo estático deformación programada y $T = 20^{\circ}\text{C}$)



Phase Diagrams of Binary Alloy Systems

Al-Cu Aluminum-Copper



DURALUMINIOS COMERCIALES

PROPIEDADES MECÁNICAS

