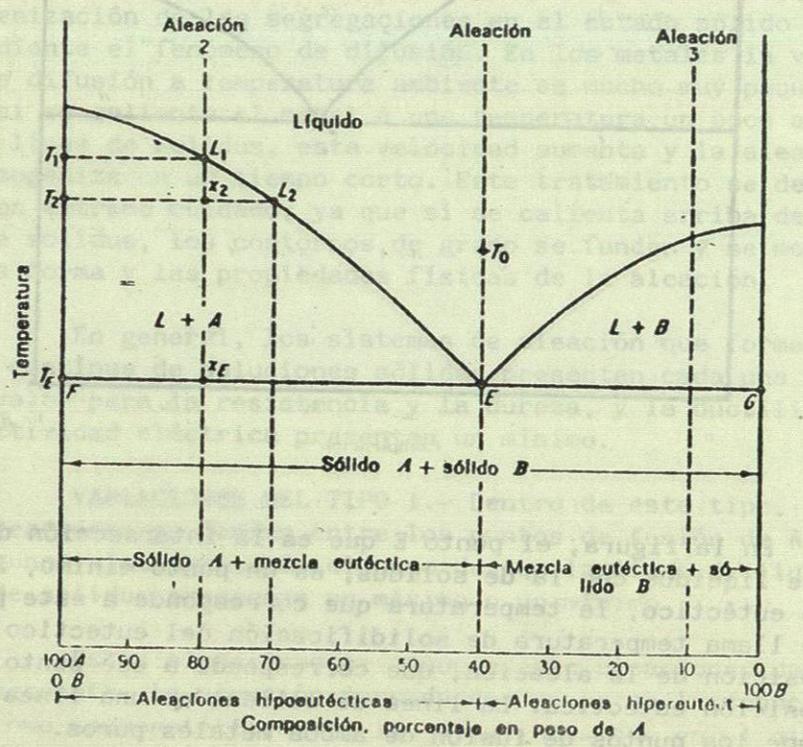


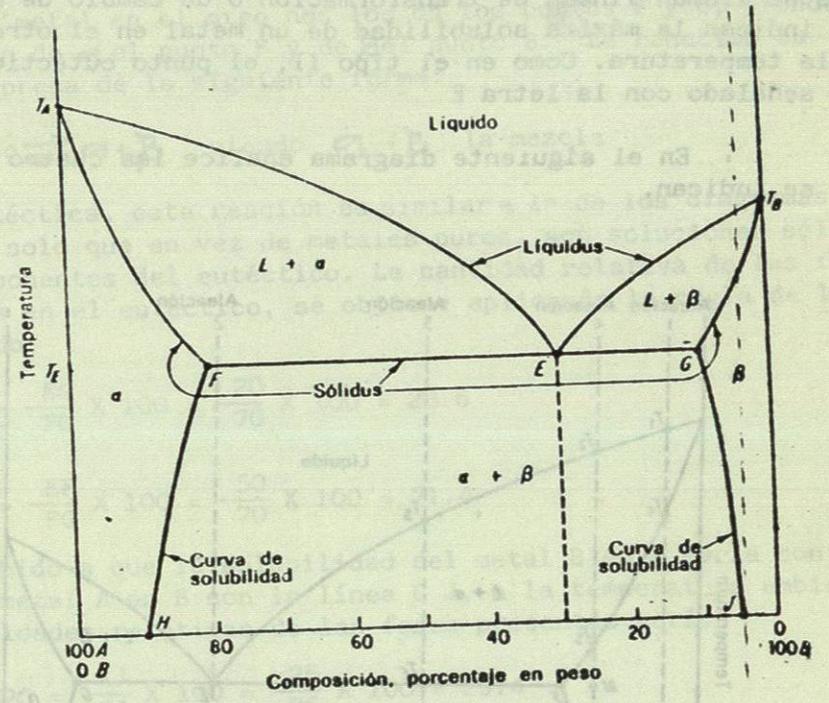
tiene que toda la línea horizontal que atraviesa una zona bifásica tiene sus extremos en zonas monofásicas.

Puesto que los dos metales son insolubles en el estado sólido, cuando comienza la solidificación, el único sólido que se forma es un metal puro; por lo tanto toda la aleación solidificada, de cualquier composición está formada por una mezcla de dos metales puros. Las aleaciones a la izquierda del eutéctico se les llama aleaciones hipoeutécticas y las de la derecha del eutéctico aleaciones hipereutécticas.

Analice tres aleaciones distintas de este tipo, la primera la aleación eutéctica, otra aleación hipoeutéctica y la aleación hipereutéctica. En todas ellas determine la composición química de las fases y las cantidades relativas a distintas temperaturas, observe el diagrama de equilibrio del sistema aluminio-silicio.



TIPO III.- Dos metales totalmente solubles en el estado líquido y parcialmente solubles en el estado sólido. Se considera como un tipo intermedio de los dos casos anteriores, la característica es de que en el estado sólido, la solubilidad de un metal en el otro presentan un límite de saturación.

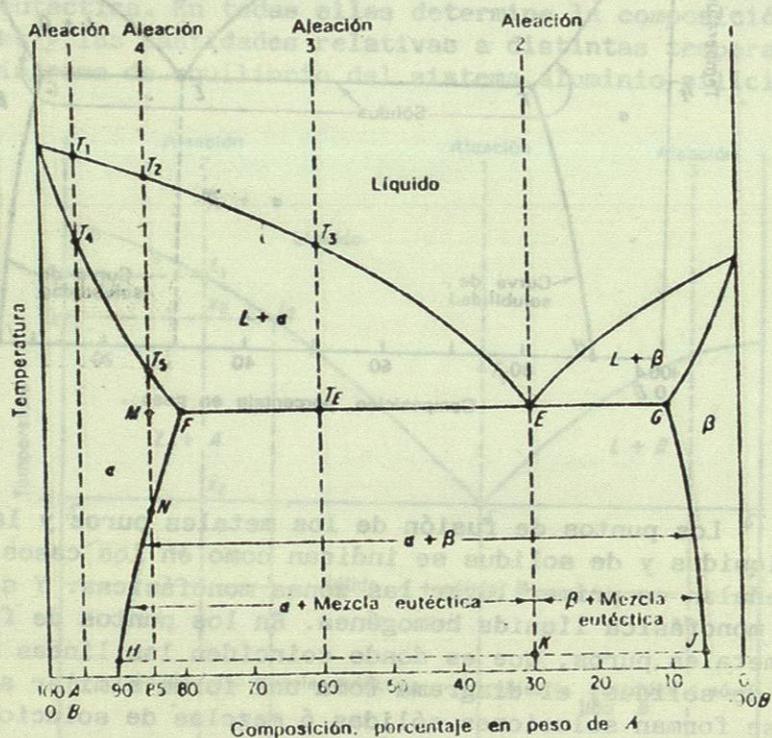


Los puntos de fusión de los metales puros y las líneas de liquidus y de solidus se indican como en los casos anteriores. Se señalan en primer lugar las zonas monofásicas. Y se tiene la zona monofásica líquida homogénea. En los puntos de fusión de los metales puros, que es donde coinciden las líneas de liquidus y la de solidus, el diagrama toma una forma similar al del tipo I y se forman soluciones sólidas ó mezclas de soluciones y se señalan con alfa (α) y beta (β) a estas zonas que corresponden a soluciones sólidas monofásicas llamadas también soluciones sólidas finales por formarse en las zonas contiguas a los ejes.

Las zonas bifásicas restantes se señalan como: líquido + α ; líquido + β y $\alpha + \beta$. Al bajar la temperatura y llegar a TE

la solución sólida α , disuelve como máximo 20% de metal B (punto de fusión F) y la solución sólida β disuelve un máximo de 10% de metal A (punto G). Al seguir bajando la temperatura, la cantidad máxima de soluto que se disuelve se indica por las líneas FH y GJ. Estas líneas se llaman líneas de transformación o de cambio de solubilidad y nos indican la máxima solubilidad de un metal en el otro en función de la temperatura. Como en el tipo II, el punto eutéctico, se encuentra señalado con la letra E.

En el siguiente diagrama analice las cuatro aleaciones que se indican.



La aleación 1 solidificará como una aleación del sistema del primer tipo. La aleación 2 cuya composición es del eutéctico, solidificará de acuerdo con lo siguiente: un poco arriba del eutéctico la aleación se encuentra en estado líquido como solución líquida monofásica homogénea, al llegar al eutéctico, la máxima solubilidad de un metal en el otro nos los da los puntos F y G, siendo la composición de α el punto F y de β el punto G. La reacción eutéctica se expresa de la siguiente forma:

Líquido $\rightleftharpoons \alpha + \beta$ siendo $\alpha + \beta$ la mezcla

Eutéctica, esta reacción es similar a la de los diagramas del tipo II, solo que en vez de metales puros, son soluciones sólidas. Los componentes del eutéctico. La cantidad relativa de las fases presentes en el eutéctico, se obtiene aplicando la regla de la palanca siendo:

$$\alpha = \frac{EG}{FG} \times 100 = \frac{20}{70} \times 100 = 28.6$$

$$\beta = \frac{EF}{FG} \times 100 = \frac{50}{70} \times 100 = 71.4$$

Debido a que la solubilidad del metal B en A varía con la línea FH y la del metal A en B con la línea GJ, a la temperatura ambiente, las cantidades relativas de las fases presentes será:

$$\alpha = \frac{KJ}{HJ} \times 100 = \frac{25}{85} \times 100 = 29.4$$

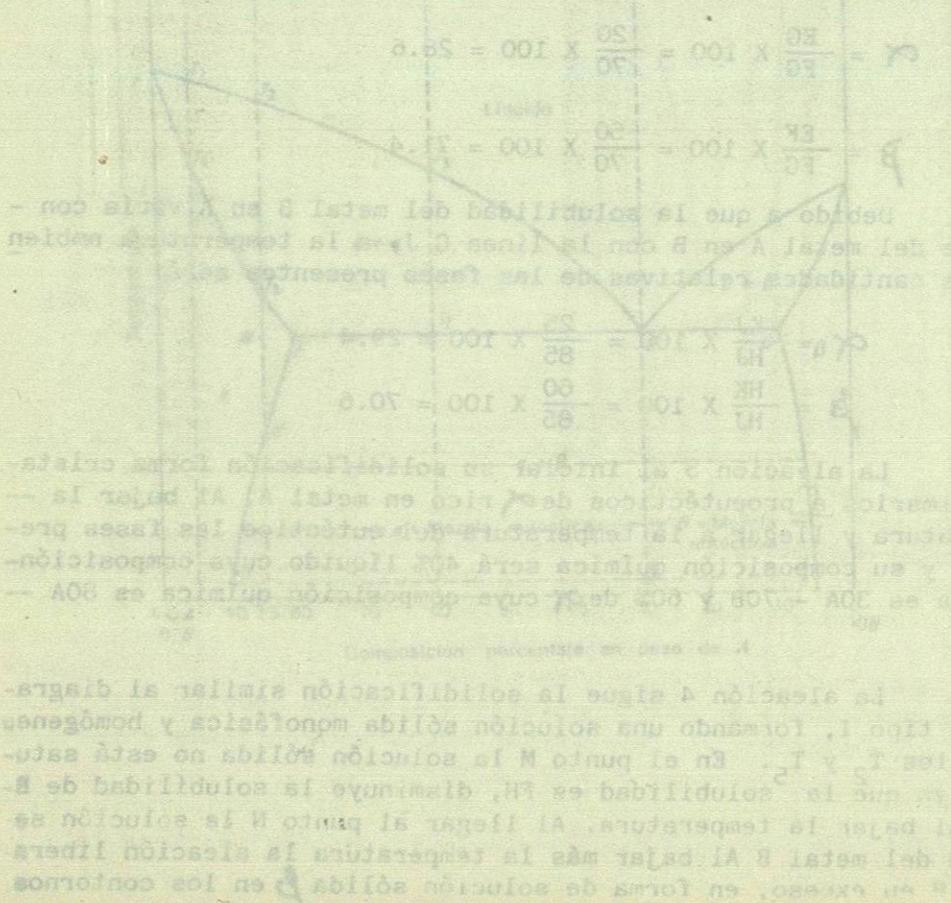
$$\beta = \frac{HK}{HJ} \times 100 = \frac{60}{85} \times 100 = 70.6$$

La aleación 3 al iniciar su solidificación forma cristales primarios α proeutécticos de α rico en metal A. Al bajar la temperatura y llegar a la temperatura del eutéctico las fases presentes y su composición química será 40% líquido cuya composición química es 30A - 70B y 60% de α cuya composición química es 80A - 20B.

La aleación 4 sigue la solidificación similar al diagrama del tipo I, formando una solución sólida monofásica y homogénea entre los T_2 y T_5 . En el punto M la solución sólida no está saturada, ya que la solubilidad es FH, disminuye la solubilidad de B al bajar la temperatura. Al llegar al punto N la solución se satura del metal B. Al bajar más la temperatura la aleación libera B en exceso, en forma de solución sólida β en los contornos.

de los granos; aplicando la regla de la palanca se determina -- sus características de peso y composición química.

Si ésta fase β que precipita es frágil, la aleación será poco dúctil y de resistencia pequeña, y la rotura tenderá a realizarse en estas zonas. Con un adecuado tratamiento térmico, las características mecánicas de dureza y resistencia se -- pueden cambiar.



ENVEJECIMIENTO.- Para mejorar la resistencia y la dureza de las aleaciones se utilizan dos métodos: deformación en frío y calentamiento térmico.- Para las aleaciones no ferrosas es el proceso de envejecimiento. Los metales que forman la aleación deben ser parcialmente solubles en el estado sólido y la solubilidad debe decreciendo con la temperatura.

Para realizar el envejecimiento se produce en dos pasos: Calentamiento de la solución y el envejecimiento.

Si en el diagrama donde se analizan las 4 aleaciones, se observa en particular la aleación 4, se procedería de la siguiente forma: Esta aleación se calienta hasta la temperatura del punto M y toda la solución β que está en exceso se disuelve y la estructura de la aleación será solución sólida α homogénea. Entonces se enfría rápidamente como un temple y la solución sólida sobresaturada o con exceso de soluto β queda retenida a la temperatura ambiente. Al templarla esta aleación se sumerge en agua -- o se enfría con agua pulverizada.

Si el medio de enfriamiento es muy enérgico se realiza en agua caliente para evitar deformaciones, grietas o tensiones internas.

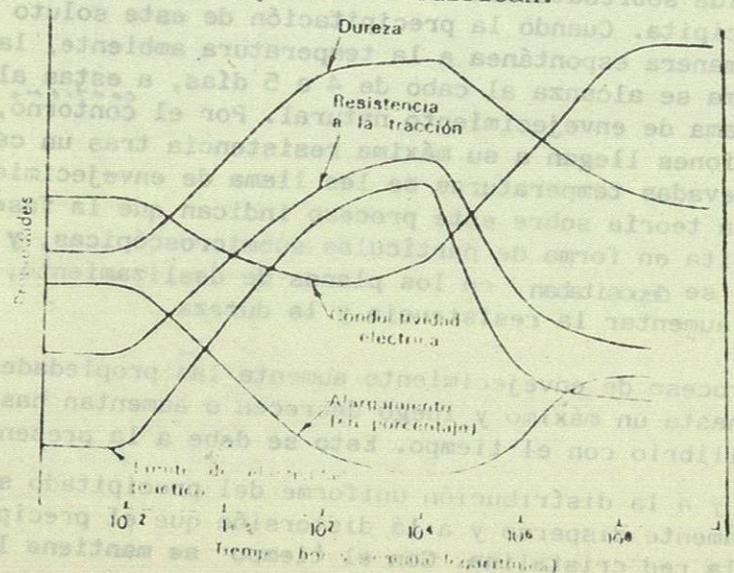
ENVEJECIMIENTO.- La aleación después del temple tiene una solución sólida sobresaturada metastable, por lo que el exceso de soluto precipita. Cuando la precipitación de este soluto se lleva a cabo de manera espontánea a la temperatura ambiente, la resistencia máxima se alcanza al cabo de 4 a 5 días, a estas aleaciones se les llama de envejecimiento natural. Por el contrario, cuando las aleaciones llegan a su máxima resistencia tras un calentamiento a elevadas temperaturas se les llama de envejecimiento artificial. La teoría sobre este proceso indican que la fase β en exceso precipita en forma de partículas submicroscópicas, y la mayoría de ellas se depositan en los planos de deslizamiento, lo que con esto aumenta la resistencia y la dureza.

El proceso de envejecimiento aumenta las propiedades de la aleación hasta un máximo y luego decrecen o aumentan hasta llegar a un equilibrio con el tiempo. Esto se debe a la presencia del precipitado y a la distribución uniforme del precipitado submicroscópico finamente disperso y a la distorsión que el precipitado ocasiona en la red cristalina. Con el tiempo se mantiene la --

Aleación y condición	Resistencia Kg/mm ²	Límite de elasticidad práctico,	Alargamiento en 2 pulgadas %	BHN	Resistencia al empuje Kg/mm ²
Recocido calenta-da y con envejeci-miento - natural	19,0	9,8	18	45	12,6
Calenta-da y con envejeci-miento - artificial	43,6	29,5	20	105	26,7
	49,2	42,2	13	135	29,5

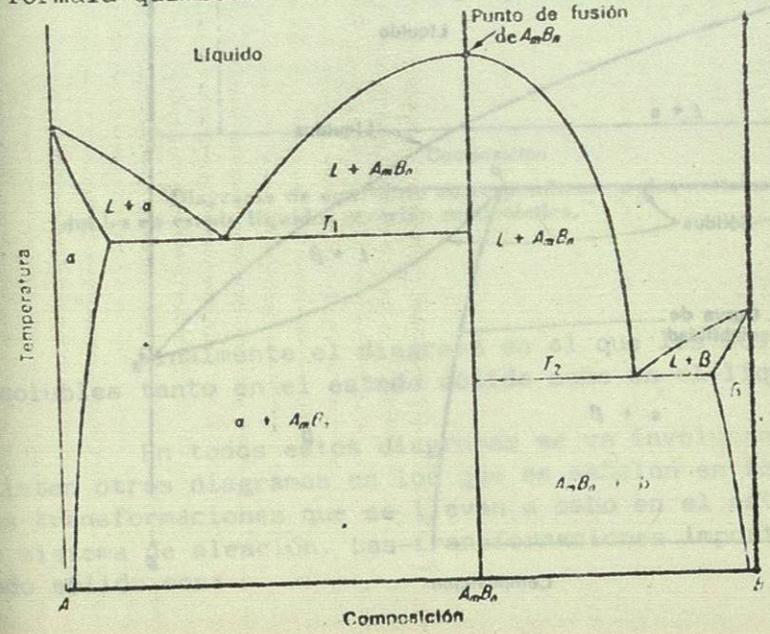
Propiedades de la aleación de aluminio 2014 con 3.5 a 4.5% de cobre envejecido.

precipitación, causando que la aleación se ablande. Cuando la precipitación se termina y la solución sólida alcanza el equilibrio, sus propiedades ya no se modifican.



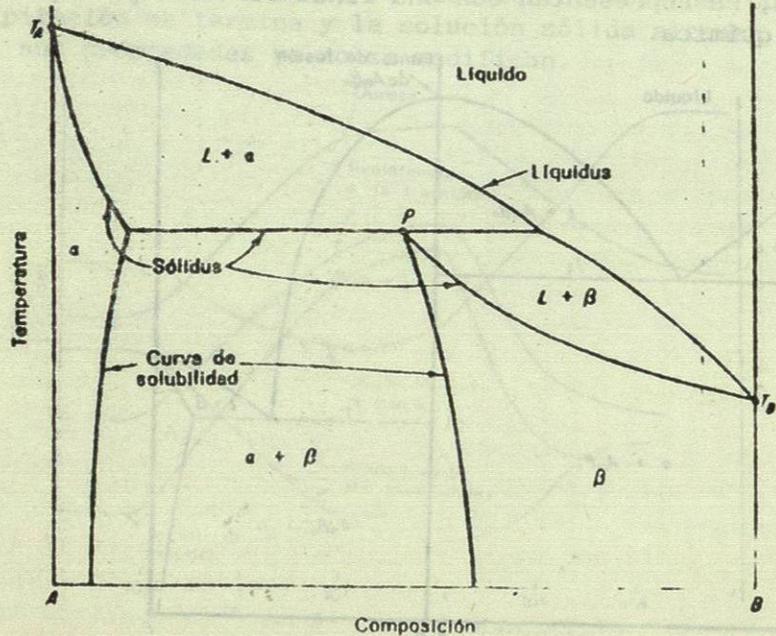
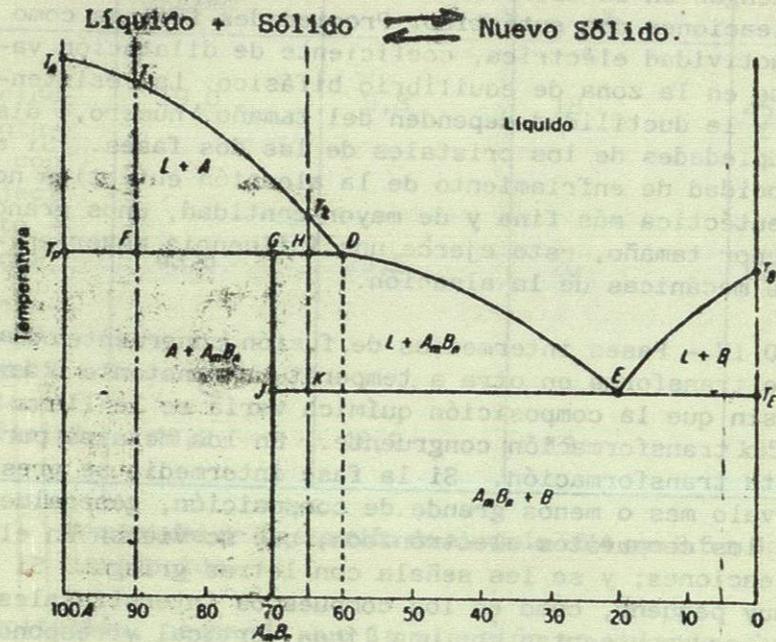
PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES CON EUTECTICO.- Las propiedades de las aleaciones que presentan varias fases dependen de las características de las fases que lo componen y de la distribución que tengan en la microestructura. Esto sucede generalmente en las aleaciones con eutéctico. Propiedades físicas como viscosidad, conductividad eléctrica, coeficiente de dilatación varían linealmente en la zona de equilibrio bifásico. La resistencia, la dureza y la ductilidad dependen del tamaño, número, distribución y propiedades de los cristales de las dos fases. Si se aumenta la velocidad de enfriamiento de la aleación eutéctica nos da una mezcla eutéctica más fina y de mayor cantidad, unos granos más pequeños de menor tamaño, esto ejerce una influencia mayor en las propiedades mecánicas de la aleación.

TIPO IV.- Fases intermedias de fusión congruente. Cuando una fase se transforma en otra a temperatura constante o isotérmicamente, sin que la composición química varíe se le llama cambio de fase o transformación congruente. En los metales puros se presenta esta transformación. Si la fase intermedia se presenta en un intervalo mas o menos grande de composición, generalmente se trata de los compuestos electrónicos, que se vieron en el capítulo de aleaciones; y se les señala con letras griegas. Si el intervalo es muy pequeño, como en los compuestos intersticiales o intermetálicos, se representan con una línea vertical y responden a una fórmula química.



OTROS TIPOS DE DIAGRAMAS.- Existen otros diagramas en los que intervienen la fase líquida y son los diagramas en los que se presentan las siguientes reacciones

Reacción peritética.



REACCIÓN MONOTÉCTICA.- En la que los dos metales que forman el sistema de aleación son parcialmente solubles en el estado líquido. La reacción monotéctica en su expresión general es:

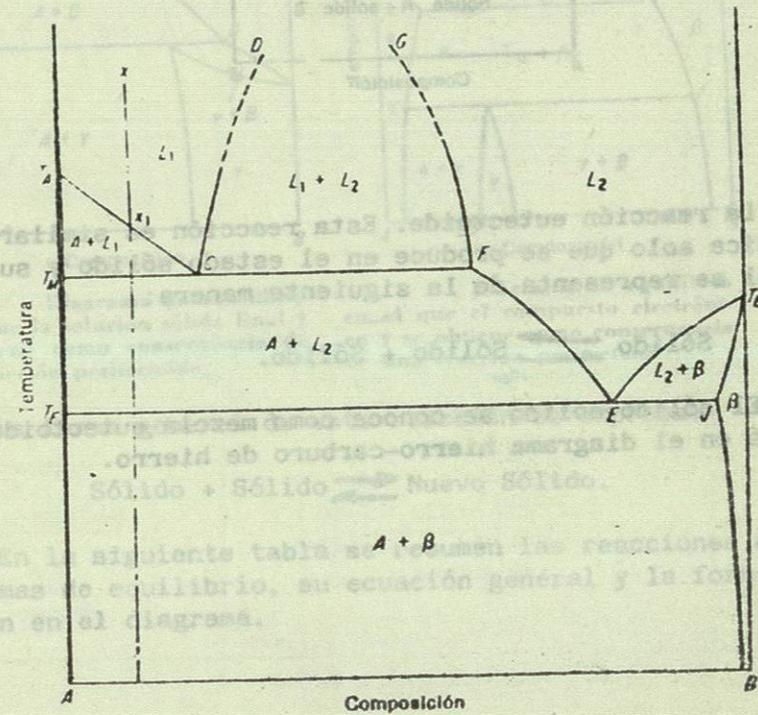
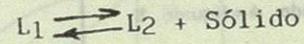
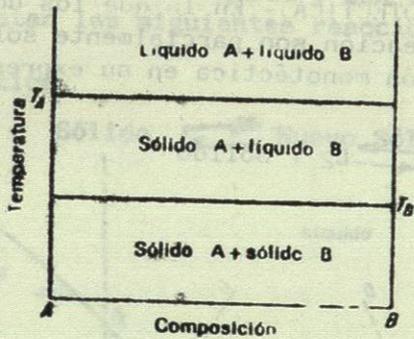


Diagrama de equilibrio correspondiente a dos metales parcialmente solubles en estado líquido; reacción monotéctica.

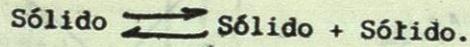
Finalmente el diagrama en el que los dos metales son insolubles tanto en el estado sólido como en el líquido.

En todos estos diagramas se ve involucrado un líquido; existen otros diagramas en los que se señalan en forma particular las transformaciones que se llevan a cabo en el estado sólido de un sistema de aleación. Las transformaciones importantes en el estado sólido son:



DOS METALES TOTALMENTE INSOLUBLES EN EL ESTADO SÓLIDO Y LÍQUIDO

La reacción eutéctica. Esta reacción es similar a la eutéctica solo que se produce en el estado sólido y su forma general se representa de la siguiente manera:



El sólido+sólido se conoce como mezcla eutéctica como se verá en el diagrama hierro-carburo de hierro.

REACCION PERITECTOIDE.- También se presenta en el estado sólido aunque es menos frecuente que la eutéctica.

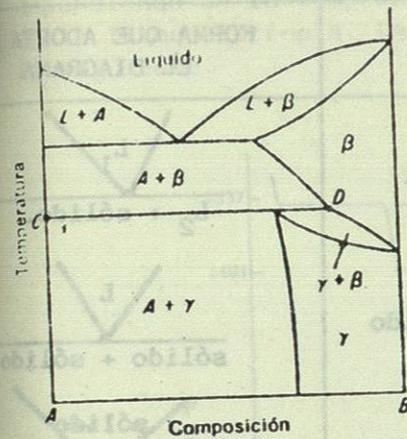


Diagrama de equilibrio en el que la solución sólida final γ se obtiene como consecuencia de una reacción peritectoide.

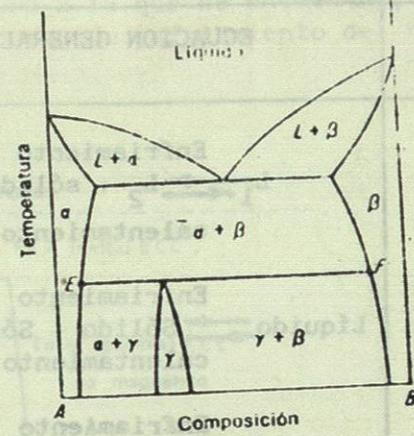


Diagrama de equilibrio en el que el compuesto electrónico γ se obtiene como consecuencia de una reacción peritectoide.

La forma general de esta reacción se expresa:



En la siguiente tabla se resumen las reacciones en los diagramas de equilibrio, su ecuación general y la forma que adoptan en el diagrama.

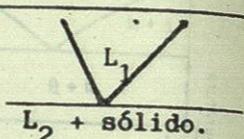
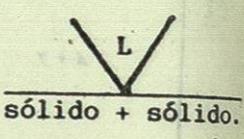
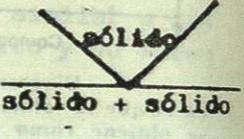
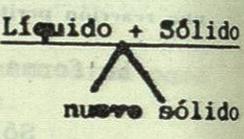
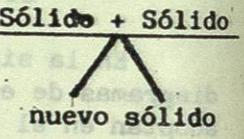
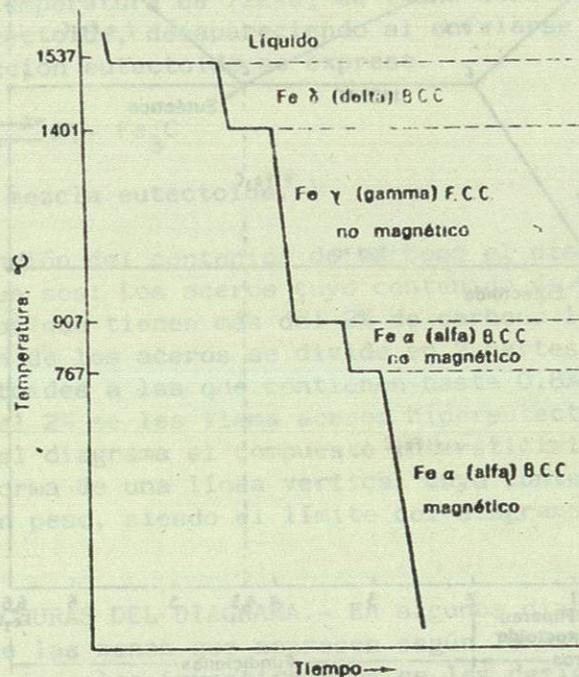
NOMBRE DE LA REACCION	ECUACION GENERAL	FORMA QUE ADOPTA EN EL DIAGRAMA
Monotéctica	Enfriamiento $L_1 \rightleftharpoons L_2 + \text{sólido.}$ calentamiento	
Eutéctica	Enfriamiento Líquido \rightleftharpoons Sólido + Sólido calentamiento	
Eutectoide	Enfriamiento Sólido \rightleftharpoons Sólido + Sólido calentamiento	
Peritéctica	Enfriamiento nuevo Líquido + Sólido \rightleftharpoons Sólido calentamiento	
Peritectoide	Enfriamiento nuevo Sólido + Sólido \rightleftharpoons Sólido calentamiento	

DIAGRAMA HIERRO-CARBURO DE HIERRO

El hierro se presenta en varias estructuras cristalinas dependiendo de la temperatura a la que se encuentre, a esto - se le llama alotropía. La curva de enfriamiento del hierro es la siguiente.



Curva de enfriamiento del hierro puro.

Todas las transformaciones alotrópicas cuando se enfría con exotérmicos, si se calientan absorben calor o endotérmicos, cuando se agregan elementos de aleación al hierro se modifican las temperaturas en las que se producen las transformaciones - alotrópicas. De los elementos de aleación más importante del hierro, se tiene al carbono, lo cual nos da el diagrama hierro carburo de hierro, como el representado.