



3

Materiales

3.1 MATERIALES

- Materiales-máquinas: su uso se basa en las propiedades, claramente se debe tener en cuenta la cantidad.
- Al utilizar dichos materiales debemos realizar en ellos cambios con sus propiedades, pero siguiendo un proceso, luego de su fabricación para no alterar tanto sus dimensiones como características requeridas.
- Como ejemplo se pueden tomar las diferentes piezas de una licuadora donde observamos diferentes materiales y el porqué de su proceso.
- Tipos de materiales: metales, plásticos y cerámicos.
 - **METAL:** tienen alta conductividad térmica, alta conductividad eléctrica, es opaco, casi siempre es pesado y reformable. Todo esto ocurre gracias a la propiedad de los electrones de poder abandonar sus orbitales en los átomos, caso que no ocurre en los polímeros y cerámicos. La principal característica de los metales es dar o ceder electrones.
 - **PLÁSTICOS:** baja densidad, se usan como aislantes térmicos y eléctricos, su característica es atraer electrones. No absorben los rayos de luz.
 - **CERÁMICOS:** son compuestos que contienen elementos metálicos y no metálicos. Existen diversos materiales como el cemento (concreto, vidrio, bujías) son duros y frágiles, pero son más resistentes a las altas temperaturas.

3.2 PROPIEDADES

Tres tipos principales: mecánicas, térmicas y eléctricas.

- **Propiedades mecánicas:** son aquellas respuestas que un material tiene al aplicársela fuerzas mecánicas. Ejemplo: deformación que ocurre cuando se aplica con esfuerzo, dureza y tenacidad, se refiere a la cantidad de energía que un material puede absorber antes de fallar por fracturas.
- **Propiedades térmicas:** se vuelven aparentes creando cierta energía que es introducida por un flujo de calor y causa que los átomos vibren y eleven la temperatura, así se obtiene, dilatación y conductividad térmicas.
- **Propiedades eléctricas:** cuando existe un influjo de campos eléctricos (campo eléctrico vd/met). Propiedades comunes: resistividad térmica (conductividad), constante dieléctrica relativa.

$$\text{Dilatación térmica} = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right)}{^{\circ}\text{C}} = \frac{\left(\frac{\text{pulg}}{\text{pulg}}\right)}{^{\circ}\text{F}} = ^{\circ}\text{C}^{-1} \text{ o } ^{\circ}\text{F}^{-1}$$

$$\text{Conductividad térmica} = \frac{(\text{BTU})}{\text{h} \cdot \text{pies}^2 \cdot ^{\circ}\text{F} / \text{pulg}} = \frac{(\text{Joule} \cdot \text{m})}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{Conductividad eléctrica } (\sigma) = \frac{1}{\text{ohm} \cdot \text{pulg}}$$

$$\text{Resistividad eléctrica} = \text{ohm} \cdot \text{pulg}$$

3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Esfuerzo y deformación elástica

Esfuerzo normal, es una fuerza perpendicular por unidad de área, mientras que la deformación lineal, es la deformación resultante.

En la mayoría de los sólidos, el incremento de la deformación inicial es proporcional al incremento de esfuerzo. Deformación elástica.

La relación esfuerzo y la deformación en la región donde son proporcionales se llama módulo de Young E o simplemente módulo de elasticidad.

$$(E) = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\text{lb/pulg}^2}{\text{pulg/pulg}} = \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \frac{1\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 6900 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \rightarrow$$

$$(\sigma) = \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = \frac{\text{newton}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$(\epsilon) = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\text{pulg}}{\text{pulg}} = \text{adimensional}$$

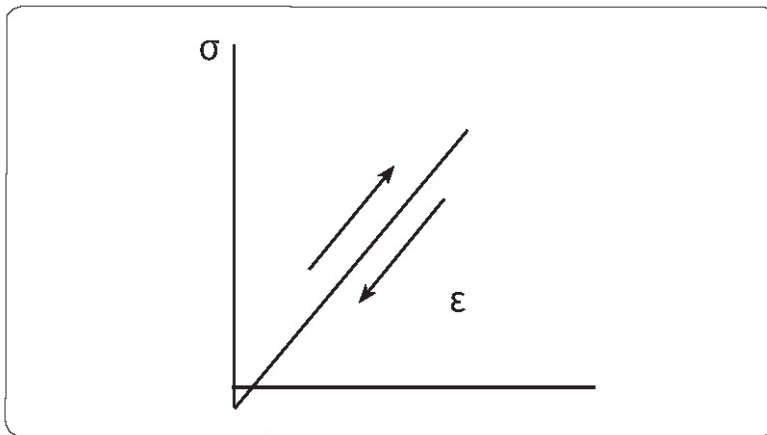


Ilustración 1. Esfuerzo vs deformación plástica
Fuente: Autores

Esfuerzo y deformación plástica

Cuando el esfuerzo es muy alto. El material puede quedar deformado permanentemente. Después crece rápidamente la deformación. Se tiene un límite elástico, cuando empieza la deformación plástica. El hecho puede ocurrir abruptamente dando lugar al punto de fluencia o gradual zona de fluencia. (Véase *ilustración 2*).

Ductilidad

Medida de la deformación plástica antes de que ocurra la ruptura y puede ser expresada en alargamiento y reducción de área.

$$(\Delta!) = \frac{\text{pulg}(f) - \text{pulg}(i)}{\text{pulg}(i)} = \frac{mm_f - mm_i}{mm_i}$$

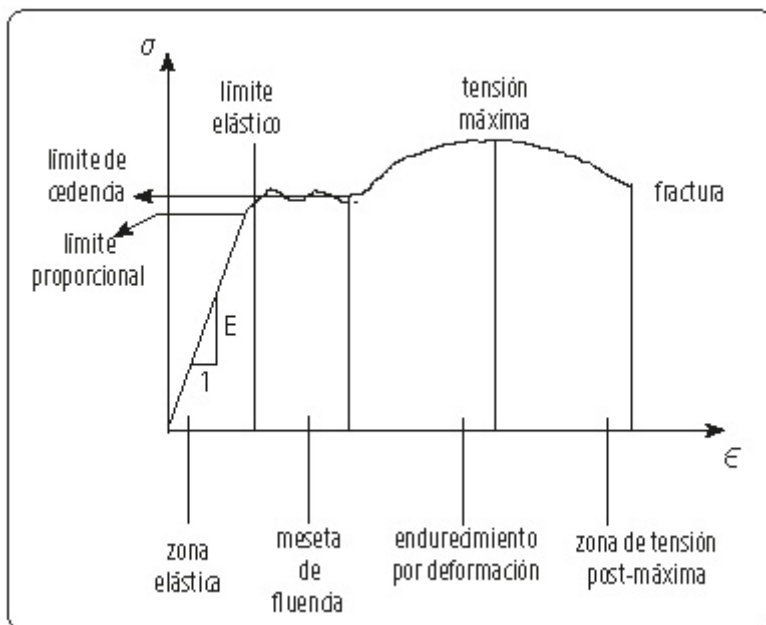


Ilustración 2. Esfuerzo vs deformación plástica

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos72/diagrama-esfuerzo-deformacion/diagrama-esfuerzo-deformacion2.shtml>

► Dureza

(Tamaño de penetración)

DB = Dureza brinell (penetrador bola de acero de 10 mm), cargas menores de 8000 kg.

DR = Dureza Rockwell N oro = $\frac{P}{\left(\pi \cdot \frac{D}{2}\right) (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

D = diámetro del penetrador.

► Tenacidad

(ϵ) = producto de la fuerza por la distancia.

$$(\epsilon) = F * d \text{ (pulg * lb)}$$

$$(\epsilon * \sigma) = \frac{\text{pulg-lb}}{\text{pulg}^2} \frac{\text{joules}}{\text{cm}^2} \text{ Prueba Charpy}$$

3.4 PROPIEDADES TÉRMICAS

► **DILATACIÓN TÉRMICA:** $\frac{\Delta l}{l} = \alpha * \Delta T$

= Coeficiente de dilatación térmica.

Volumétrica 3α

De un solo componente, 1 solo átomo, ejemplo: el Cu, Fe, etc.

Cuando los átomos son iguales podemos calcular el número de átomos presentes por centímetro cubico. El peso atómico de un átomo es igual a la masa en gramos de átomos (número de Avogadro).

EJEMPLO: $6 * 10^{23}$ átomos de cobre se requieren 63,54 g del material; y 55,85 gr de Fe, para obtener dicho número. Si 1 cm^3 de cobre pesa 8.96 gr, podemos calcular y determinar que cada cm^3 tiene $(8,96 \text{ g/m}^3) / (63.54 \text{ g} / 6 * 10^{23} \text{ átomos})$ o $(0.85 * 10^{23} \text{ átomos de cobre})$.

Radio atómico tabla 3.11. En el cobre la distancia interatómica es de 2.556 R, el radio de un átomo de Cu es simplemente la mitad 1.278 R. $1 \text{ R} = 10^{-8} \text{ cm}$.

4

Estructuras cúbicas

- **CCCA** = Real cúbica centrada en la cara (cristales)

Al, Cu, Ca, Fe, Ni, Ag, Au, Pb

4 átomos → volumen sólido $4 * (4 * \pi * R^3 / 3)$

La arista a es $4R/\sqrt{2}$ (R es el radio atómico)

V = 74 %

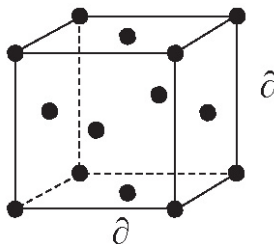


Ilustración 3. Estructura CCCA

Fuente: es.slideshare.net/Nardis2112/tema-3-estructuraypropiedadesdelosmetales1

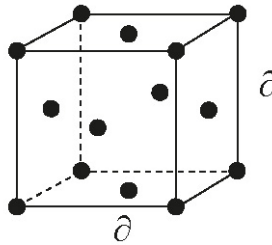
- **CCCU** = Real cúbica centrada en cuerpo

2 átomos por celda con radio R

$$\sqrt{a^2 + a^2 + a^2}$$

Acero = $4R/\sqrt{3}$

Factor de empaquetamiento atómico BCC

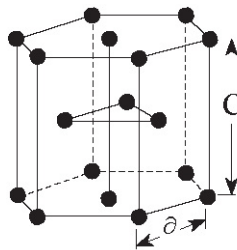
**Ilustración 4.** Estructura CCCU

Fuente: es.slideshare.net/Nardis2112/tema-3-estructuraypropiedadesdelosmetales1

► Metales no cúbicos

Ejemplo: magnesio, titanio, Co, m Zinc, Co, Cn, Cd.

EHC = Hexagonal compacta HCP

**Ilustración 5.** Estructura hexagonal compacta

Fuente: es.slideshare.net/Nardis2112/tema-3-estructuraypropiedadesdelosmetales1

► Características de las fases metálicas

Aleación = latón (70-30) 70 % Cu-30 % Zn.

Hierro → Fases → Microestructuras del material

Ag-Cu hierro → Tres formas alotrópicas.

Delta (δ), Gamma (γ), Alfa (α), baja temperatura.

BCC FCC BCC

Cementita Fe_3C (carburo de hierro) 6,67 %.

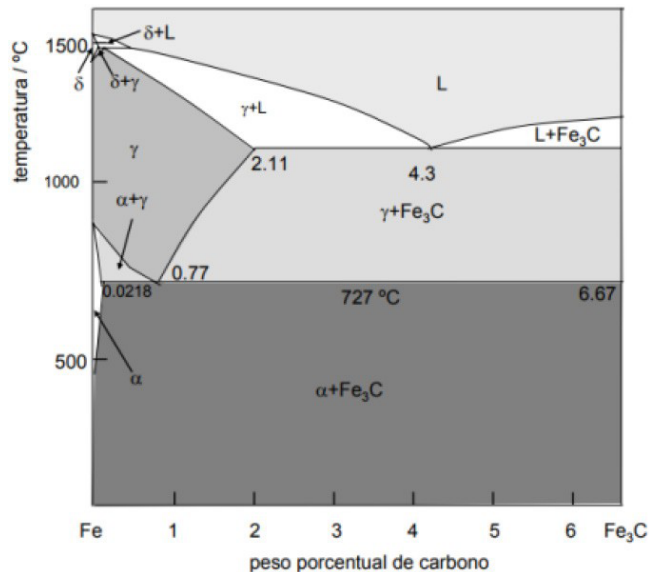


Ilustración 6. Sistema hierro-carbono

Fuente: [https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/469/45757/1/Documento 27.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/469/45757/1/Documento%2027.pdf)

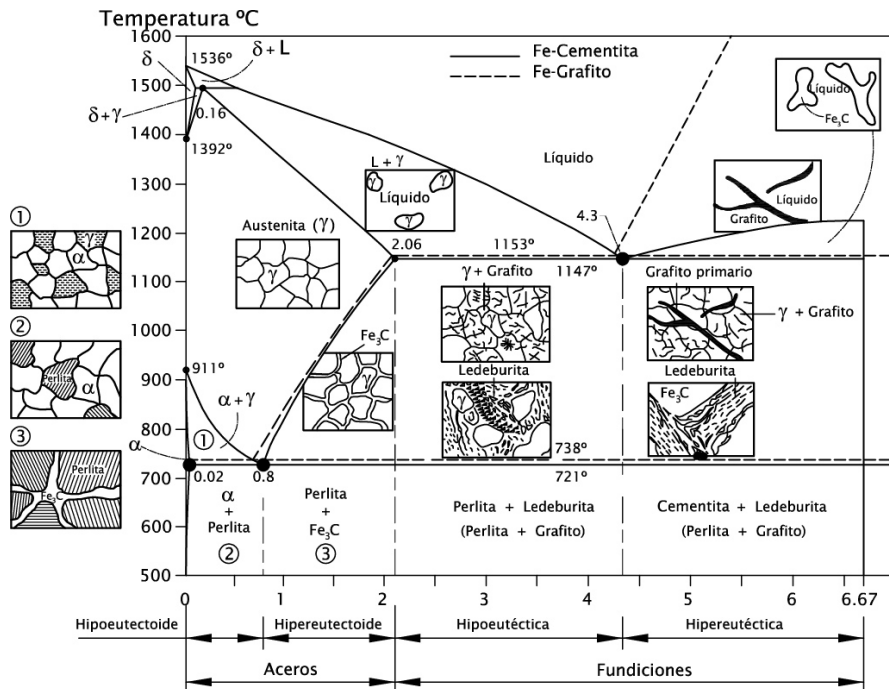


Ilustración 7. Diagrama de fases

Fuente: <https://prezi.com/zm5tkjlfxfnx/diagrama-de-fase/>

TRANSFORMACIÓN EN EL RANGO (0 %-2,11% de carbono)

Ferrita (α) CCCu (BCC) cubica centrada en el cuerpo a temperaturas normales.



Ilustración 8. Estructura perlita

AUSTENITA (alta temperatura, el hierro es FCC (CCCa) y puede disolver más carbono intersticialmente (ocupar espacios vacíos).

Carburo Fe_3C (93.3%-667 % C), cementita es duro, frágil. Perlita. Reacción eutectoide $Fe C$.

Ley de la Palanca

Ejemplo: acero de 0.3% C desde 1539°C, hasta la temperatura ambiente. $T_1 = 1539^\circ C$.

$$\% \delta = \frac{0.53 - 0.3}{0.53 - 0.09} * 100 = 52.3 \%$$

$$\% L = \frac{0.3 - 0.09}{0.53 - 0.09} * 100 = 47.7 \%$$

$$\% AUST. = \frac{0.53 - 0.3}{0.53 - 0.17} * 100 = 63.9 \%$$

$$\% L = \frac{0.3 - 0.17}{0.53 - 0.17} * 100 = 36.1 \%$$

$$\% FERRITA = \frac{0.77 - 0.3}{0.77 - 0.022} * 100 = 62.8 \% * \longrightarrow$$

$$\% \text{ AUSTENITA} = \frac{0.3 - 0.022}{0.77 - 0.022} * 100 = 37.2 \%$$

$$\% \text{ FERRITA} = \frac{6.67 - 0.77}{6.67 - 0.022} * 100 = 88.7 \%$$

$$\% \text{ CEMENTITA} = \frac{0.77 - 0.022}{6.67 - 0.022} * 100 = 11.3 \%$$

i Importante

Ferrita Proeutectoide 62.8% → Ferrita Eutectoide = 37.2 * 0.887,33%

TOTAL FERRITA = 95.8%.

CEMENTITA = 37.2 * 0.113 = 4.2% → 100%.

TRANSFORMACIÓN EN EL RANGO 2.11% A 6.67%.

Ejemplo: acero con 3% de carbono.

$$\% \text{ AUSTENITA PROEUTECTICA} = \frac{4.3 - 3.0}{4.3 - 2.11} * 100 = 59.4$$

$$\% \text{ LIQUIDO} = \frac{3.0 - 2.11}{4.3 - 2.11} * 100 = 40.6 \%$$

$$\% \text{ AUSTENITA} = \frac{6.67 - 2.11}{6.67 - 0.77} * 100 = 77.3 \%$$

$$\% \text{ CEMENTITA PROEUTECTOIDE} = \frac{2.11 - 0.77}{6.67 - 0.77} * 100 = 22.7 \%$$

$$\text{TOTAL AUSTENITA} = 59.4 * 0.773 = 45.9 \%$$

$$\text{CEMENTITA PROEUTECTOIDE: } 59.4 * \underline{0.227} = 13.5 \%$$

59.4 %

$$\% \text{ FERRITA} = \frac{6.67 - 0.77}{6.67 - 0.022} * 100 = 88.7 \%$$

$$\% \text{ CEMENTITA} = \frac{0.77 - 0.022}{6.67 - 0.022} * 100 = 11.3 \%$$

$$\text{FERRITA EUTECTOIDE} = 45.9 * 0.887 = 40.7\%.$$

$$\text{CEMENTITA EUTECTOIDE} = 45.9 * 0.113 = 5.2\% \text{ } 45.9\%.$$

CEMENTITA

$$\% \text{ AUSTENITA EUTECTICA} = \frac{6.67 - 4.3}{6.67 - 2.11} * 100 = 5.2\%$$

$$\% \text{ AUSTENITA EUTECTICA} = \frac{4.3 - 2.11}{6.67 - 2.11} * 100 = 48\%$$

$$\% \text{ AUSTENITA EUTECTICA } 40.6 * 0.48 = 19.5\%.$$

$$\% \text{ CEMENTITA EUTECTICA } 40.6 * 0.52 = 21.1\%.$$

$$\% \text{ CEMENTITA PROEUTECTOIDE } 19.5 * 0.227 = 4.42\%.$$

$$\% \text{ AUSTENITA } 19.5 * 0.773 = 15.07\%.$$

$$\% \text{ FERRITA } 15.07 * 0.887 = 13.36\%.$$

$$\% \text{ CEMENTITA } 15.07 * 0.113 = 1.70\%.$$



5

Aceros

5.1 PROPIEDADES DE LOS ACEROS

Dependen de sus fases y de su distribución:

- Ferrita: resistencia a la tensión 40000 PSI, ductilidad 40 %.
- Cementita: frágil, dura, resistencia 50000 PSI, dureza 650 HB.
- Perlita: resistencia 120 PSI, elongación del 20 %.

5.2 EFECTOS DE LOS ALEANTES QUE HACEN PARTE DE LOS ACEROS

- **AZUFRE (S):** bajas propiedades del trabajo en caliente. Fragiliza a altas temperaturas, contenido promedio 0.05 %. A 0.075 y 0.15 contribuye a la maquinabilidad.
- **FOSFORO (P):** aumenta la resistencia y la dureza, debe añadirse en poca cantidad < 0.05 %. A mayor cantidad aumenta la resistencia, pero disminuye la ductilidad.
- **SILICIO:** cuando su cantidad es menor a 0.2 % se disuelve con la ferrita, entre 0.2 y 0.4 % aumenta el límite elástico y la resistencia última. > 0.4 % disminuye la ductilidad. Actúa como desoxidante por lo tanto mejora las propiedades de la fundición.