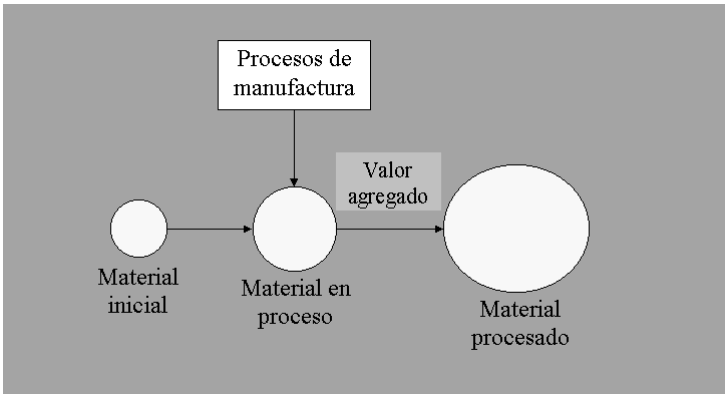
Tema 2. Propiedades mecánicas de los materiales metálicos

Leonardo Vergara

Qué es la manufactura

Se transforma el material en un producto de mayor valor



Clasificación de los procesos de manufactura en metales

Procesos que cambian la forma del material	Metalurgia extractiva **Formado en frío y caliente** Fundición Metalurgia de polvos
Procesos que provocan desprendimiento de viruta por medio de máquinas	Métodos de maquinado convencional Métodos de maquinado especial
Procesos que cambian las superficies	Con desprendimiento de viruta Por pulido Por recubrimiento
Procesos para el ensamblado de materiales	Uniones permanentes Uniones temporales
Procesos para cambiar las propiedades físicas	Tratamientos térmicos Temple superficial

Consideraciones para la selección proceso

- La forma, tamaño y espesor de la parte
- **Características y propiedades del material de la pieza.**
- Los requerimientos de funcionamiento de la pieza.
- Los requerimiento de tolerancia y acabado superficial.
- Volumen y velocidad de producción.
- Mínima cantidad de pasos
- Costos de operación

Proceso y materiales comunes. Tabla 6

Tipo de parte	Material											
	Hierro	Acero al carbono	Acero aleado	Acero inoxidable	Acero de herramientas	Aleaciones de aluminio	Aleaciones de cobre	Aleaciones de magnesio	Aleaciones de níquel	Aleaciones de zinc	Aleaciones de estaño	F
Extrusiones	—	○	○	○	—	●	●	●	○	○	○	
Estampados metálicos	—	●	●	○	—	●	●	○	○	○	—	
Rechazado metálico	—	●	○	●	—	●	●	○	●	○	○	
Piezas cabeceadas en frío	—	●	○	○	—	●	●	—	○	—	—	
Extrusiones por impacto	—	●	○	—	—	●	●	●	○	●	●	
Tubo emboquillado y doblado	—	●	●	●	—	●	●	○	●	○	○	
Sección formada por rolado	—	●	●	●	—	●	●	—	—	●	—	
Metalurgia de polvos	●	○	○	○	○	○	●	—	○	—	—	
Piezas forjadas	—	●	●	●	○	●	●	●	○	—	—	

Propiedades de los materiales metálicos

Influye en:

- **Proceso tecnológico de manufactura**
- **Condiciones de servicio**

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Propiedades Mecánicas

- **Rigidez** – Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (MPa)
- **Resistencia** - Fluencia, Última, Fractura, medida como esfuerzo (MPa)
- **Ductilidad** – Medida de la capacidad para deformar plásticamente sin fractura - Elongación, Reducción de área, (no tiene unidades o mm/mm)
- **Tenacidad, Resiliencia** – Medida de la capacidad para absorber energía (J/m^3).
- **Dureza** - Resistencia a la indentación/abrasión (Varias escalas, ejm; Rockwell, Brinell, Vickers.)

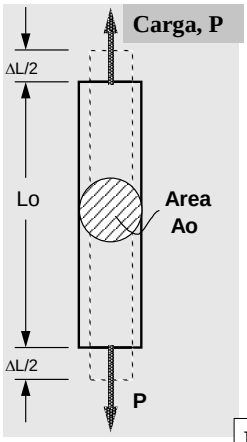
Esfuerzo y deformación

- En una manera simple , **Esfuerzo** puede ser considerado como **Fuerza/Area.**
- Similarmente, **Deformación** es el cambio en longitud del componente con respecto a la longitud original.

Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Ejemplos de esfuerzo

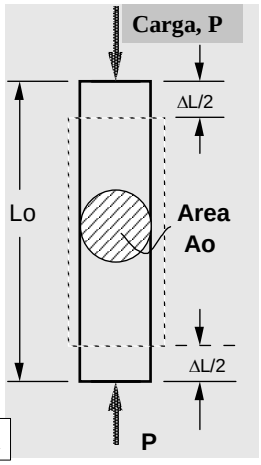


Esfuerzo de ingeniería

$$\sigma = \frac{P}{Ao}$$

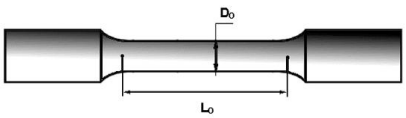
$$e = \frac{\Delta L}{Lo}$$

Deformación de ingeniería

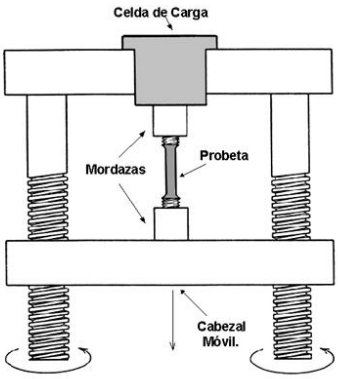


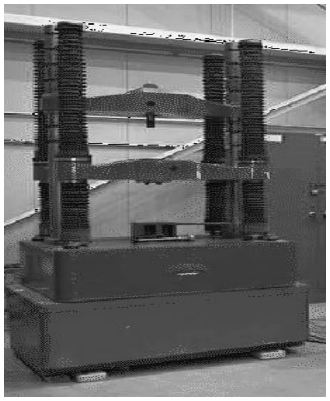
Esfuerzo directo
Tensión

Esfuerzo directo
Compresión



Ensayo de tensión o tracción

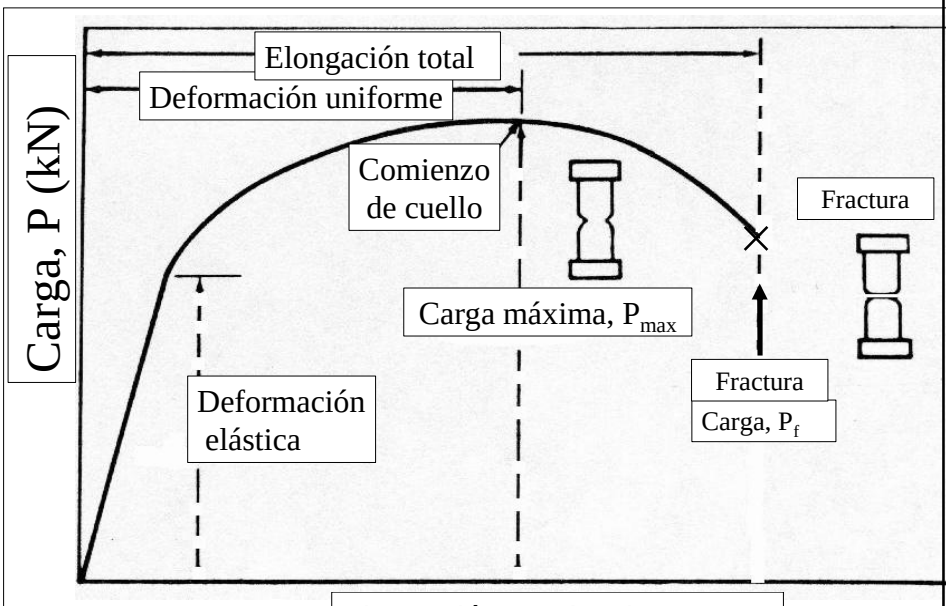




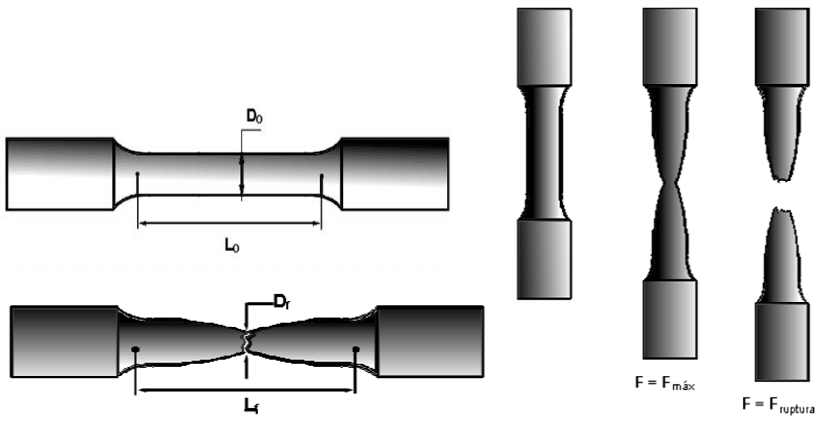
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Curva obtenida



Probeta antes y después del ensayo



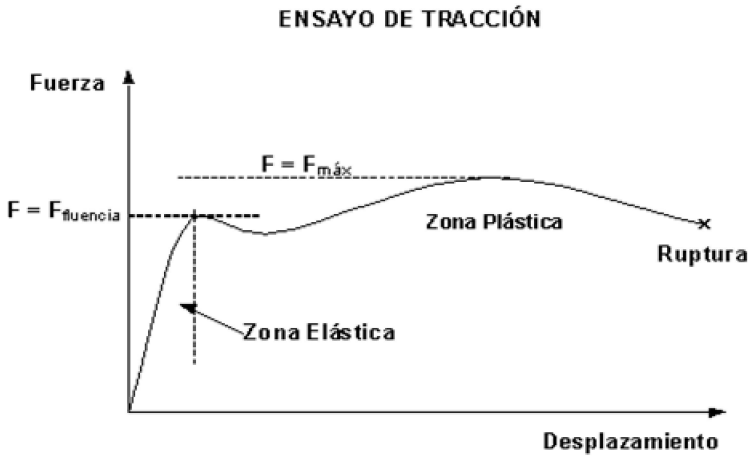
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Ensayo de tensión o tracción

Acero

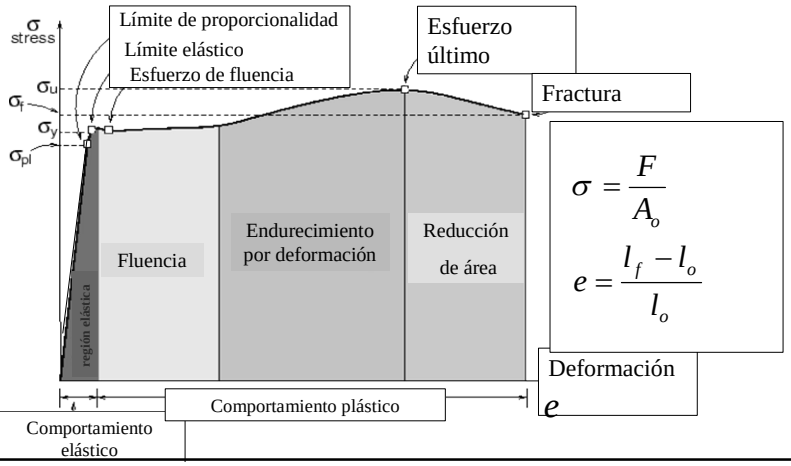
Acero aluminio



Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Curva típica esfuerzo vs. deformación



Deformación elástica

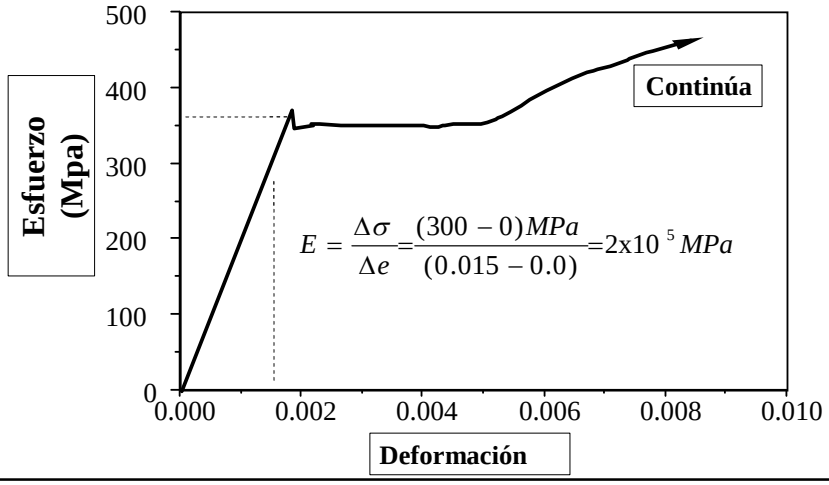
- La deformación elástica no es permanente, esto significa que cuando la carga es removida, la parte regresa a su forma y dimensiones originales.
- Para la mayoría de los metales la región elástica es lineal.
- Sí el comportamiento elástico es lineal se puede aplicar la ley de Hooke
- Donde E es el modulo de elasticidad (MPa)

$$\sigma = Ee$$

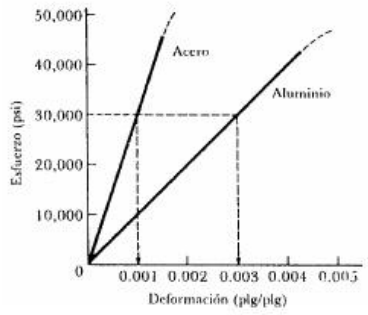
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Modulo de elasticidad



Módulo de elasticidad

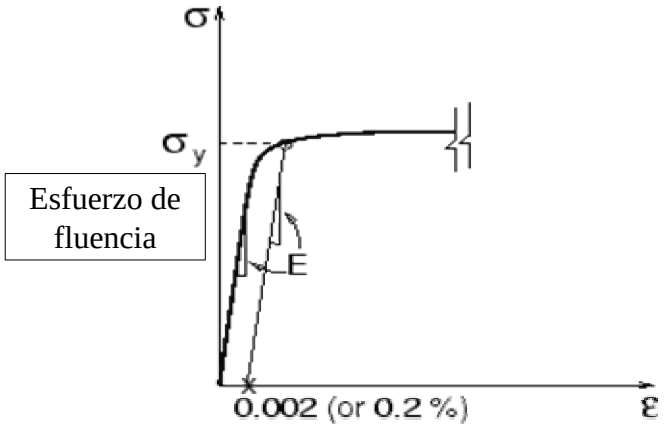


Comparación del comportamiento elástico del acero y del aluminio.

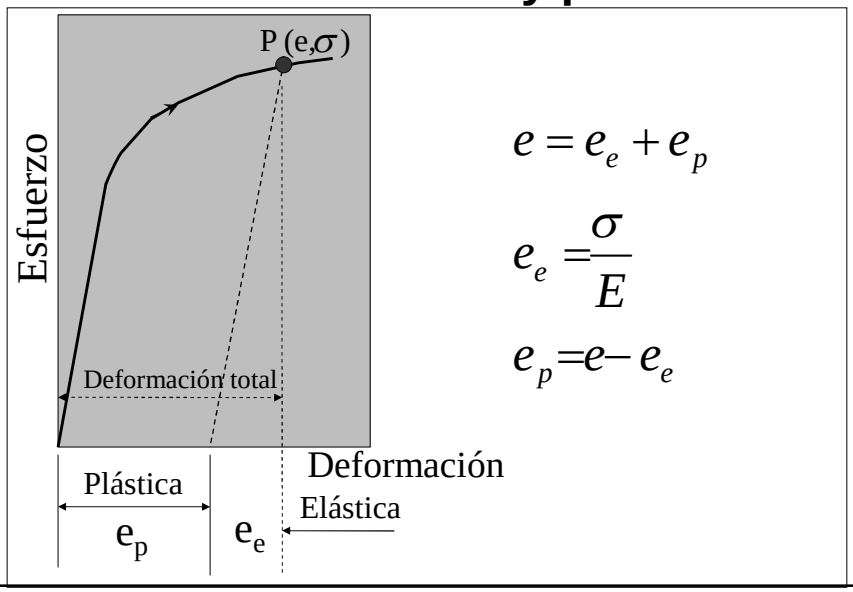
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Esfuerzo de fluencia para metales



Deformación elástica y plástica



$$e = e_e + e_p$$

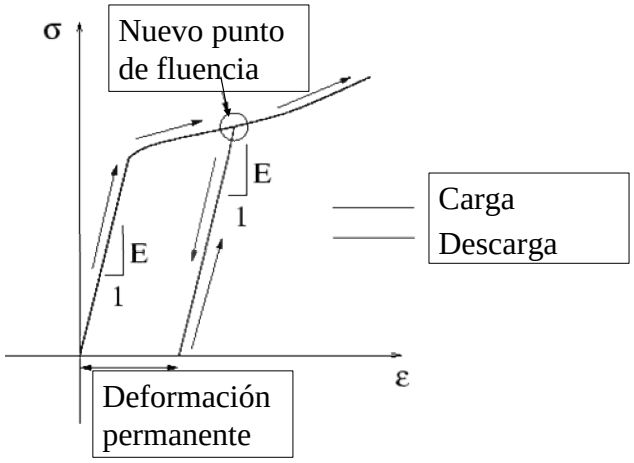
$$e_e = \frac{\sigma}{E}$$

$$e_p = e - e_e$$

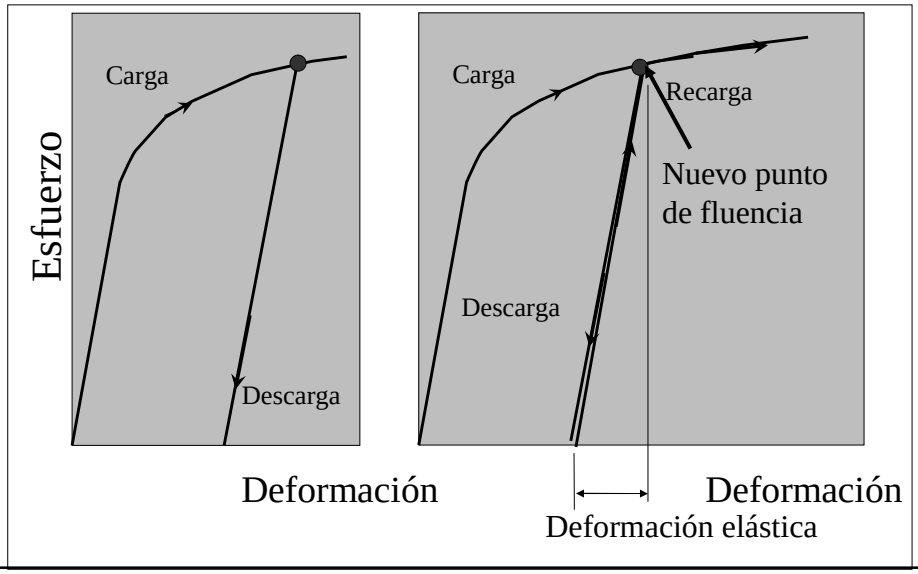
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Proceso de carga que supera límite elástico



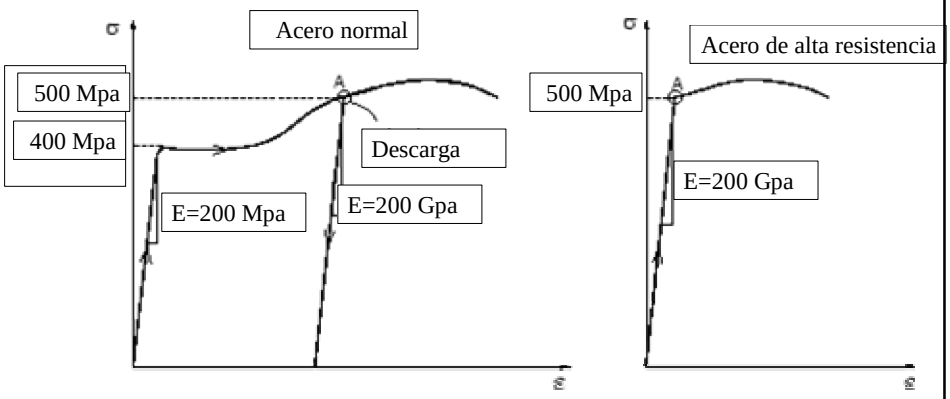
Carga que supera límite elástico y recuperación elástica



Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Endurecimiento por deformación



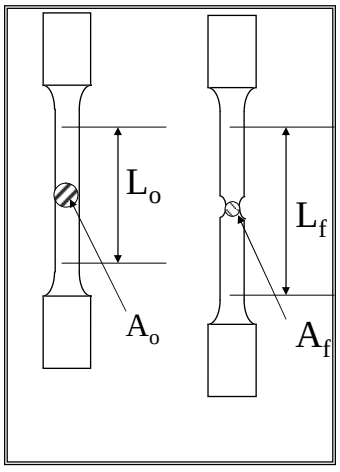
Ductilidad - EL% y AR%

- Elongacion

$$EL\% = \frac{L_f - L_o}{L_o} \text{ x } 100$$

- Reducción de Area

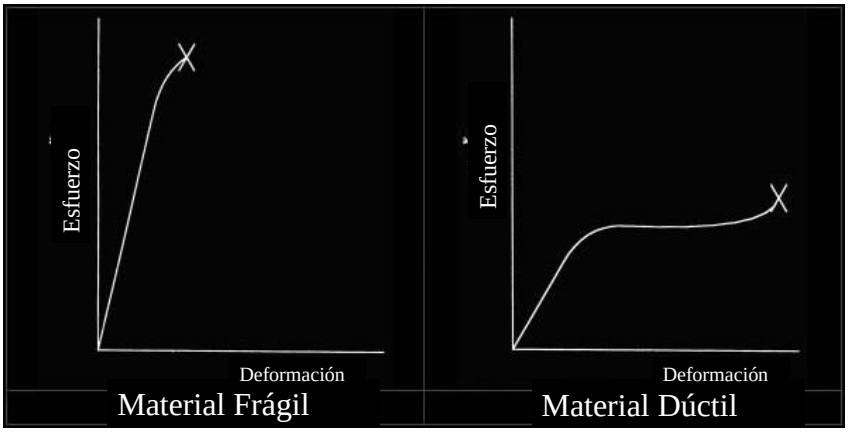
$$AR\% = \frac{A_o - A_f}{A_o} \text{ x } 100$$



Created by eDocPrinter PDF Pro!!

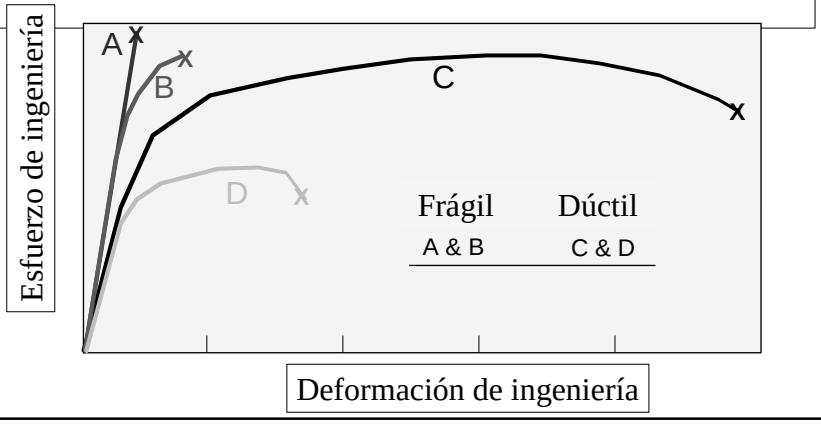
Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Comportamiento
Material dúctil vs. Material frágil



Material dúctil vs. Material frágil

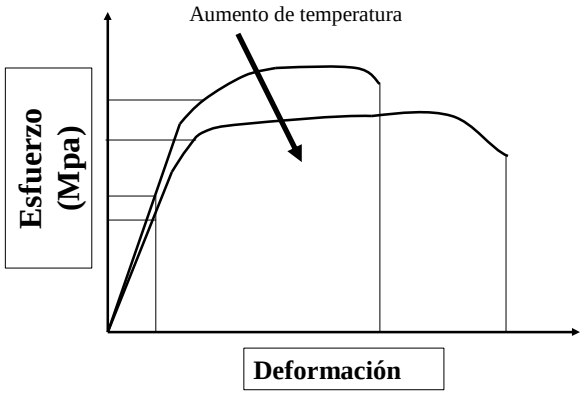
- Sólo los materiales dúctiles exhibirán cuello
- Dúctil sí EL%>8% (aproximadamente)
- Frágil sí EL% < 5% (aproximadamente)



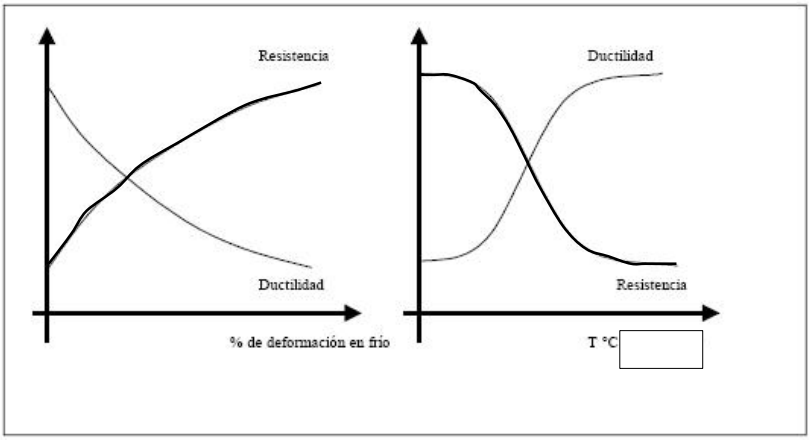
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Efecto de la temperatura en la curva esfuerzo-deformación



Resistencia versus Ductilidad



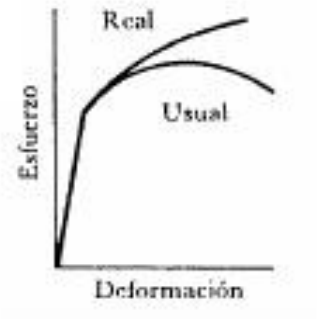
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Diagrama Esfuerzo-Deformación real

$$\text{Esfuerzo real} = \sigma_t = \frac{F}{A}$$

$$\text{Deformación real} = \varepsilon_t = \int \frac{dl}{l_0} = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$



Conclusiones

•Muchos procesos involucran el formado de materiales mediante la deformación plástica, son por tanto factores importantes propiedades tales como resistencia, módulo de elasticidad, ductilidad (elongación total y reducción de área)

•Para determinar las propiedades mecánicas se usan generalmente ensayos a tensión, de estos se desarrolla la curva esfuerzo deformación que son importantes para determinar el endurecimiento por deformación y cambios de ductilidad en el material.

Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Conclusiones

•El incremento en temperatura generalmente eleva la ductilidad y reduce el esfuerzo de fluencia y el módulo de elasticidad.

•Aumento de la deformación a la misma temperatura generalmente aumenta la resistencia a la fluencia y disminuye la ductilidad del material

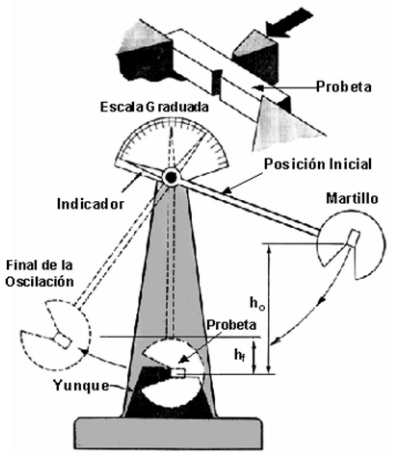
Tenacidad y Resiliencia

- Tenacidad: Una medida de la habilidad de un material para absorber energía sin fractura. (J/m^3 o $N.mm/mm^3$= MPa)
- Resiliencia: Una medida de la habilidad de un material para absorber energía sin deformación plástica o permanente.
  (J/m^3 o $N.mm/mm^3$= MPa)
- Nota: Ambos determinados como *energía/unidad de volumen*

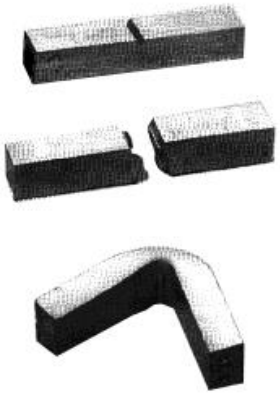
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Equipo
Ensayo de resiliencia o de impacto



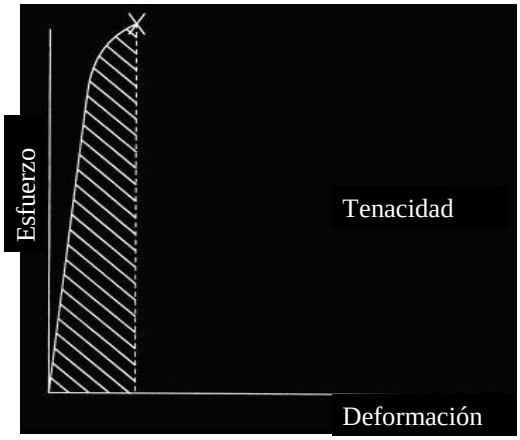
Probeta después del ensayo
Ensayo de resiliencia o de impacto



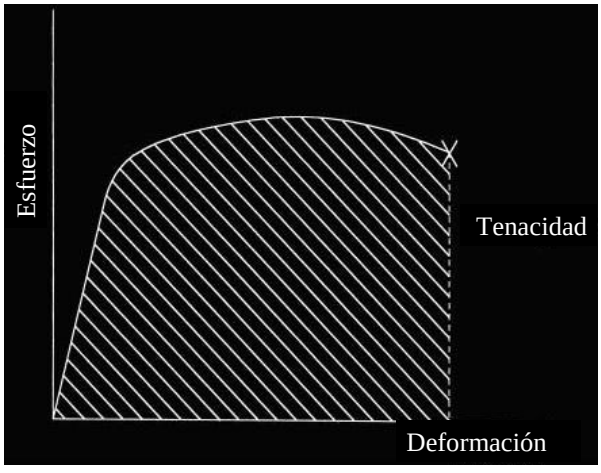
Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Tenacidad en material frágil



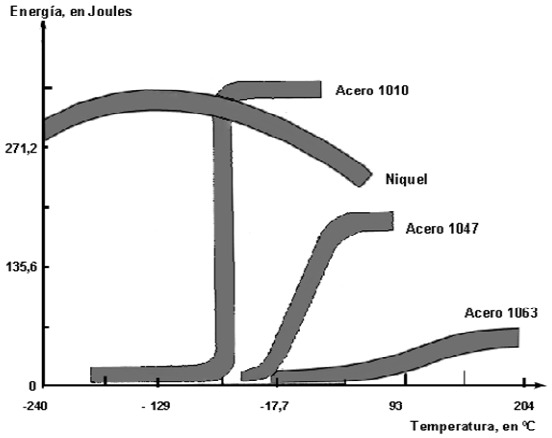
Tenacidad en material dúctil



Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Variación de la tenacidad en función de la temperatura para algunos materiales



Utilidad de la prueba de impacto

- Es útil para la determinación de la temperatura de transición dúctil frágil de los materiales.
- Los materiales con elevada resistencia al impacto son los que tienen elevada ductilidad y resistencia.
- Sí la superficie de una pieza tiene muescas se reduce significativamente la tenacidad al impacto

Created by eDocPrinter PDF Pro!!

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

Dureza

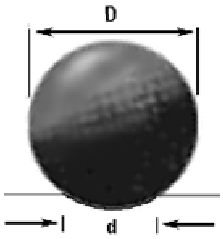
Indicación general de la resistencia del material al rayado-indentación y al desgaste-abrasión

a) b)

Figura 7.2.: a) Probador de dureza Brinell. b) Probador de dureza Rockwell.

Ensayo de dureza

Ensayo BRINELL.
Indentador: Esfera de 10mm de acero o carburo de tungsteno.
Carga = P



Fórmula: **HBN**

$$\frac{2P}{\pi D\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)}$$

Created by eDocPrinter PDF Pro!!