

LA LEY DE HOOKE

- LA PRIMERA REGIÓN DE LA CURVA σ VS. ξ CORRESPONDE A LA DEFORMACIÓN **ELÁSTICA**. EN LA MAYORÍA DE MATERIALES METÁLICOS Y ALGUNOS CERÁMICOS PRESENTA UNA VARIACIÓN LINEAL QUE NOS INDICA QUE DENTRO DE UN RANGO DE VALORES **EXISTE UNA PROPORCIONALIDAD DIRECTA ENTRE EL ESFUERZO APLICADO Y LA DEFORMACIÓN PRODUCIDA**, DADA POR LA PENDIENTE DE LA CURVA EN ESTA ZONA (LÍNEA RECTA)

$$\text{LEY DE HOOKE : } \sigma = k \xi$$

- **Ley de Hooke (Módulo de elasticidad)**
- 1°. Todo esfuerzo ejercido sobre un cuerpo lo deforma.
- 2°. La deformación es proporcional al esfuerzo mientras persiste la deformación.
- 3°. Recíprocamente, todo cuerpo deformado ejerce un esfuerzo mientras persiste la deformación,
 - siendo el esfuerzo proporcional a esta.

MÓDULO DE YOUNG

k = CONSTANTE DE HOOKE = E = Y = MODULO DE ELASTICIDAD O DE YOUNG.

- EL VALOR DEL MODULO ES UN **INDICATIVO O MEDIDA DE LA RIGIDEZ O INDEFORMABILIDAD DEL MATERIAL**, A MAYOR PENDIENTE DE LA LINEA RECTA MAYOR SERA EL MÓDULO Y MAS RÍGIDO EL MATERIAL. Y A MAYOR MÓDULO, ES MENOR LA DEFORMACIÓN ELÁSTICA; ESTE VALOR ESTÁ DETERMINADO POR LAS FUERZAS DE ENLACE ENTRE LOS ÁTOMOS, SIENDO POR ELLO UNA PROPIEDAD MECÁNICA CASI QUE INMODIFICABLE. PUEDE SER LIGERAMENTE AFECTADA POR LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN, TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y POR EL TRABAJO EN FRÍO (CONFORMACIÓN EN FRÍO). EL INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DE TRABAJO PUEDE DISMINUIR ÉSTE VALOR.
- PARA EL CASO DEL ACERO **$E = 20 \times 10^{10} \text{ NEW/M}^2 = 30 \times 10^6 \text{ PSI} = \text{TREINTA MILLONES DE PSI o } 2,1 \cdot 10^6 \text{ (Kg / cm}^2\text{)} .$**

Valores del módulo elástico en kg/cm

➤ MATERIAL

ACERO TEMPLADO 2.200.000 A 2.500.00

➤ ACERO SIN TEMPLAR 2.000.000 A 2.200.000

➤ HIERRO HOMOGÉNEO 1.800.000 A 2.000.000

➤ BRONCE 2.000.000

➤ COBRE 1.150.000

➤ FUNDICIÓN GRIS 900.000 A 1.050.000

➤ FUNDICIÓN GRAFITO ESFEROIDAL 1.700.000

➤ MADERAS DURAS 80.000 A 140.000

➤ MADERAS SEMIDURAS 60.000 A 80.000

➤ MADERAS BLANDAS 40.000 A 60.000

➤ HORMIGÓN 100.000

➤

ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.



- El módulo de elasticidad de un material es la relación entre las tensiones y las deformaciones correspondientes (constantes).

Valores del módulo elástico en kg/cm²

MATERIAL	$E = \frac{1}{\alpha}$
ACERO TEMPLADO	2.200.000 A 2.500.00
ACERO SIN TEMPLAR	2.000.000 A 2.200.000
HIERRO HOMOGENEO	1.800.000 A 2.000.000
BRONCE	2.000.000
COBRE	1.150.000
FUNDICIÓN GRIS	900.000 A 1.050.000
FUNDICIÓN GRAFITO ESFEROIDAL	1.700.000
MADERAS DURAS	80.000 A 140.000
MADERAS SEMIDURAS	60.000 A 80.000
MADERAS BLANDAS	40.000 A 60.000
HORMIGÓN	100.000

Coeficiente de seguridad

- Para impedir que un material pueda exceder su límite elástico se limita el esfuerzo a una fracción de éste, $\frac{\sigma E}{S}$.

El Divisor S es el coeficiente de seguridad, sus valores dependen de las características del material, la naturaleza del esfuerzo y de las condiciones de trabajo. En el hierro y el acero S varía de 2 a 3 o bien de 2 a 1,5; para fundición de 7 a 10 y para maderas y las rocas de 7 hasta 20 en casos muy desfavorables.

VALORES TIPICOS DEL MODULO DE ELASTICIDAD

MODULO DE ELASTICIDAD PSI $\times 10^{-6}$

MATERIAL	T _{AMB}	400°F	800°F	1000°F	1200°F
ACEROS AL C	30	27	22.5	19.5	18
ACEROS INOX. AUSTENÍT	28	25.5	23	22.5	21
ALEACION TITANIO	16.5	14	10.7	10.1	
ALEACIONES ALUMINIO	10.5	9.5	7.8		

ELABORÓ ING. EFREN
GIRALDO T.

OTROS VALORES PROPIOS EN ESTA REGIÓN ELÁSTICA:

- 1. **EL LIMITE PROPORCIONAL:** ES EL VALOR DEL MAYOR ESFUERZO, PARA EL CUAL EXISTE PROPORCIONALIDAD DIRECTA ENTRE EL ESFUERZO Y LA DEFORMACIÓN.
- 2. **EL LIMITE ELÁSTICO:** ES EL MAYOR VALOR DEL ESFUERZO HASTA EL CUAL EL MATERIAL MANTIENE UN COMPORTAMIENTO ELÁSTICO.

TEÓRICAMENTE SON DIFERENTES PERO EN LA PRÁCTICA SE PUEDEN CONSIDERAR IGUALES

➤ **LA SEGUNDA PARTE DE LA CURVA σ VS. ξ CORESPONDE A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA Y CONLLEVA LOS SIGUIENTES VALORES CARACTERÍSTICOS:**

1.ESFUERZO DE FLUENCIA O CEDENCIA.

2. EL ESFUERZO MÁXIMO ÚLTIMO o RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

3. EL ESFUERZO DE FRACTURA O ROTURA.

Nº SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm %	Dureza Brinell
	Kgf / mm ²	Mpa	Kgf/mm ²	Mpa		
	1010	40,0	392,3	30,2		
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179
1035	59,8	586,4	38,7	377,5	29	190
1040	63,4	621,7	42,2	413,8	25	201
1045	68,7	673,7	42,2	413,8	23	215
1050	73,9	724,7	42,2	413,8	20	229
1055	78,5	769,8	45,8	449,1	19	235
1060	83,1	814,9	49,3	483,5	17	241
1065	87,0	853,2	51,9	509,0	16	254
1070	90,9	891,4	54,6	535,4	15	267
1075	94,7	928,7	57,3	560,9	13	280
1080	98,6	966,9	59,8	586,4	12	293

Dureza Vickers HV	Dureza Brinell HB	Dureza Rockwell		Resistencia a la Tensión N/mm ² .
		HRB	HRC	
80	76			255
85	80,7	41		270
90	85,5	48		285
95	90,2	52		305
100	95	56,2		320
105	99,8			335
110	105	52,3		350
115	109			370
120	114	66,7		385
125	119			400
130	124	71,2		415
135	128			430
140	133	75		450
145	138			465
150	143	78,7		480
155	147			495
160	152			510
165	156			530

ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.

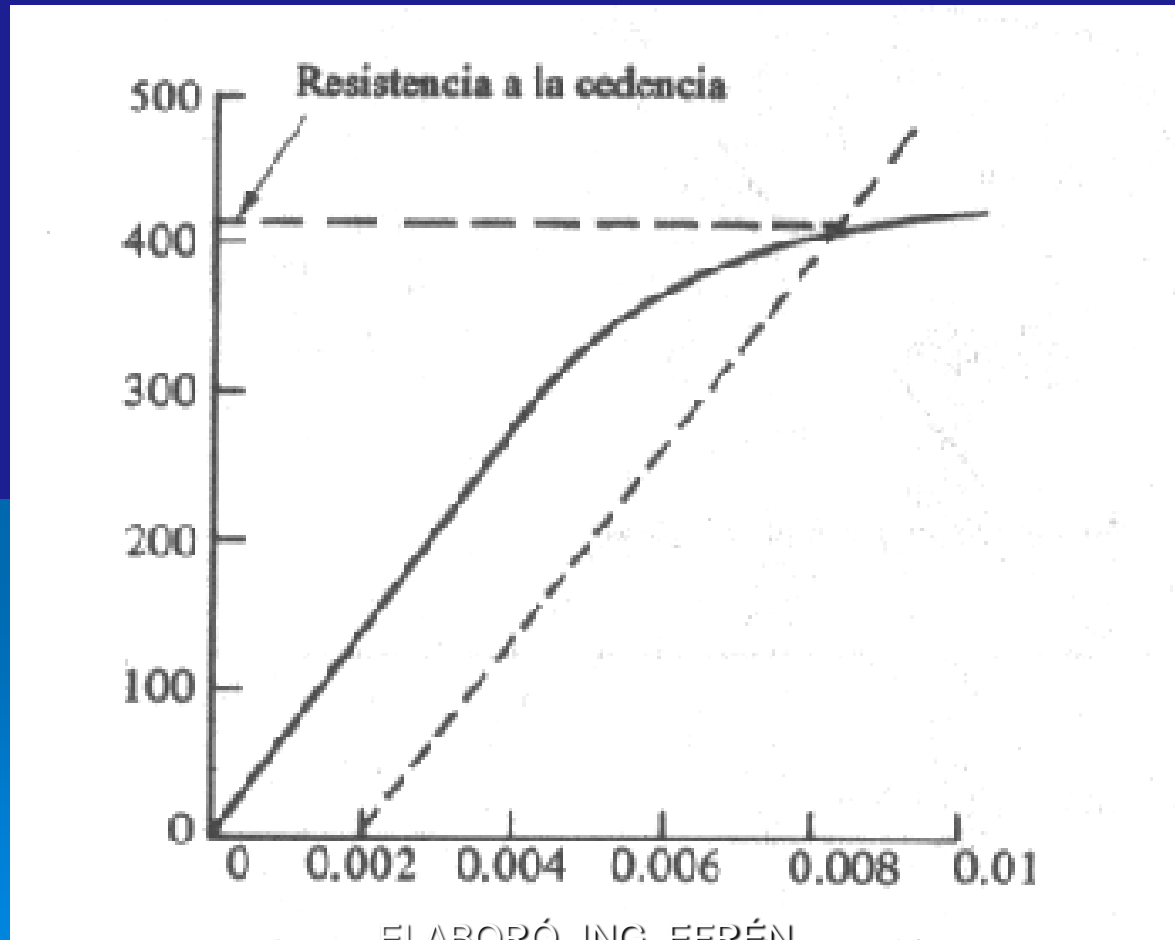
1.ESFUERZO DE FLUENCIA O CEDENCIA.

- LLAMAMOS ESFUERZO DE FLUENCIA O CEDENCIA AL MENOR VALOR DEL ESFUERZO PARA EL CUAL SE PRODUCE UNA DEFORMACIÓN PERMANENTE O DEFORMACIÓN PLÁSTICA.

NOTA: EN LA PRÁCTICA EL ESFUERZO DE FLUENCIA, EL LÍMITE PROPORCIONAL Y EL LÍMITE ELÁSTICO SON EQUIVALENTES PARA MUCHOS MATERIALES.

FLUENCIA CONVENCIONAL O NOMINAL

DENOMINAMOS FLUENCIA CONVENCIONAL O NOMINAL AL VALOR DEL ESFUERZO PARA UNA DEFORMACIÓN PERMANENTE DEL 0.2%.



ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.

2. EL ESFUERZO MÁXIMO ÚLTIMO O RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

- EL VALOR DEL ESFUERZO MÁXIMO O ÚLTIMO ES EL MAYOR VALOR DEL ESFUERZO EN LA CURVA σ vs. ξ O TAMBIÉN EL VALOR DEL ESFUERZO PARA EL PUNTO DE MÁXIMA CARGA EN EL ENSAYO; ESTOS VALORES Y LOS ANTERIORES SE ENCUENTRAN TABULADOS PARA LA MAYORÍA DE LOS MATERIALES. A PARTIR DE ESTE σ max. SE PRODUCE DEFORMACIÓN CON MENOR σ .

3. EL ESFUERZO DE FRACTURA O ROTURA.

- EL ESFUERZO DE FRACTURA ES EL VALOR DEL ESFUERZO AL CUAL SE PRODUCE LA FRACTURA DEL MATERIAL.
GENERALMENTE ES MENOR QUE EL σ MÁXIMO O CUANDO NO IGUAL.
- LOS VALORES DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, LÍMITE ELÁSTICO Y ESFUERZO DE ROTURA SON MEDIDAS DE RESISTENCIA MECÁNICA.

Otras formas de representar la ley de Hooke

➤ $\sigma = E \cdot \xi$ (1)

➤ $\sigma = F / A_0$ (2)

➤ $\xi = (L_f - L_0) / L_0$ (3) (2) Y (3) en (1)

➤ $F / A_0 = E \cdot (L_f - L_0) / L_0$

➤ $F = E \cdot A_0 \cdot (L_f - L_0) / L_0 = K \cdot \Delta L$

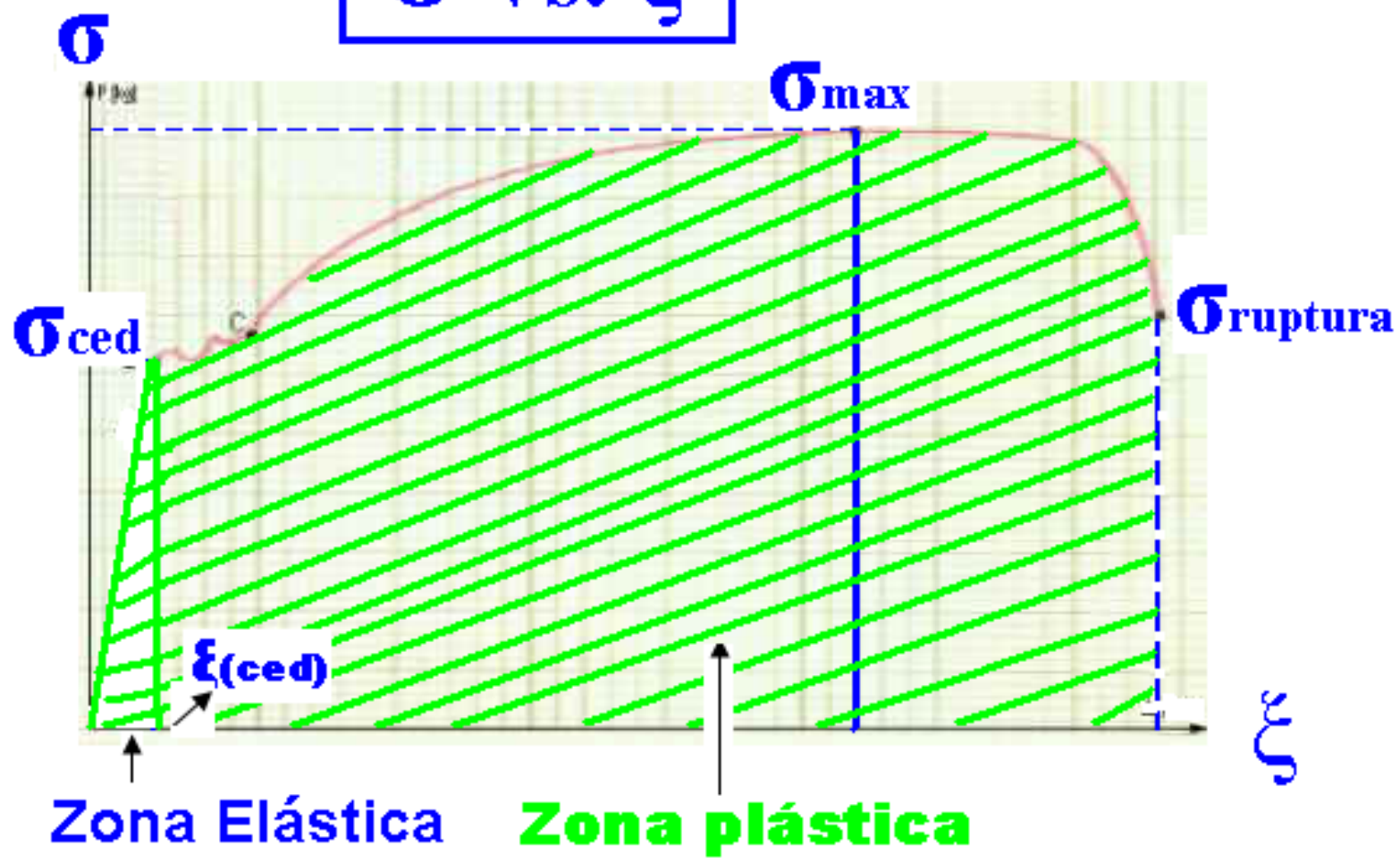
➤ Siendo $K = E \cdot A_0 / L_0 = \text{cte de "resorte" o elástica}$

MODULO DE RESILIENCIA

- Cuando se hace un ensayo el material absorbe energía.
- Se denomina módulo de resiliencia o resiliencia elástica de un material, a la energía absorbida por este durante la **deformación elástica**, y que desprende luego de retirar la carga en el material.
- Este valor es la energía por unidad de volumen requerida para llevar el material desde un esfuerzo cero hasta el valor de esfuerzo de fluencia o límite elástico.

- Se calcula midiendo el área bajo la curva de la región elástica.
- El área es triangular(ver gráfica)
- Módulo de resiliencia = $\sigma(\text{ced}) \cdot \xi(\text{ced}) / 2$
- Un material con alto módulo posee un elevado esfuerzo de fluencia y un bajo valor de E, el material podrá soportar altas cargas de energía sin que se produzcan deformaciones permanentes que en aplicaciones prácticas sería el caso de los resortes mecánicos.

σ vs. ξ



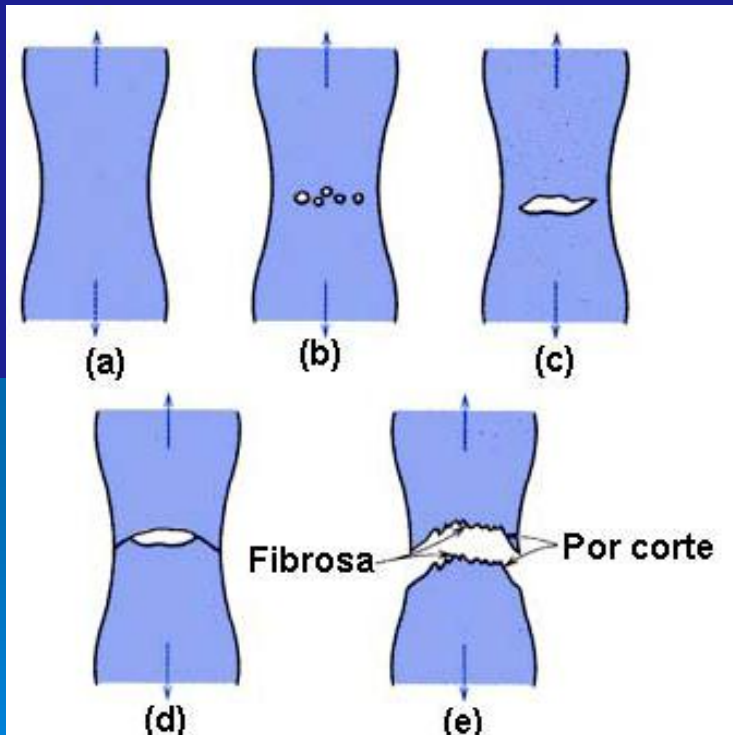
Tenacidad en Tensión

ELABORÓ ING. EFREN GIRALDO T.

TENACIDAD EN TENSIÓN

- Es la energía total que el material absorbe inmediatamente antes de fracturarse.
- Se determina por el área total bajo la curva σ vs. ξ

Diferentes estados de la fractura en forma de copa y cono durante y después del ensayo de tracción



(a) Cuello inicial.

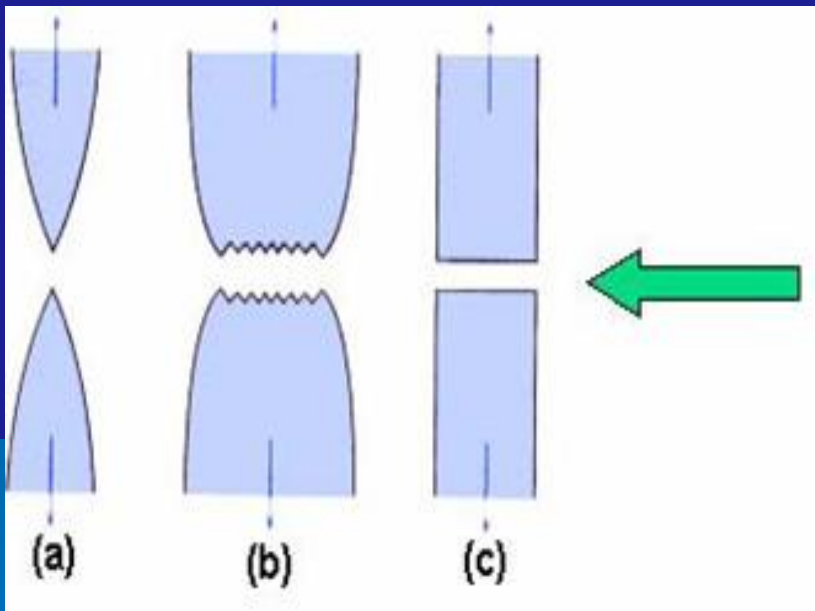
(b) Formación de pequeñas cavidades
cavidades.

(c) Coalescencia de
cavidades para formar grietas.

(d) Propagación de grietas.

(e) Fractura final por corte a 45° con
respecto a la dirección de
tracción.

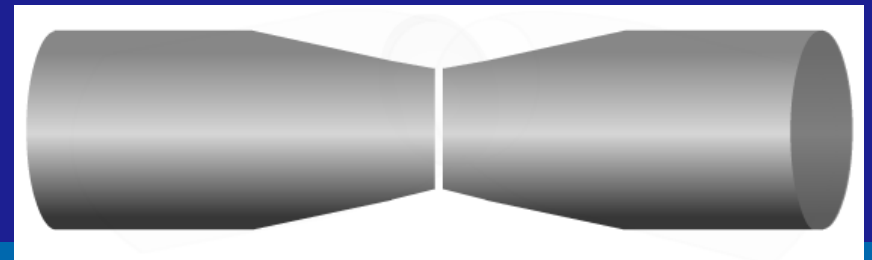
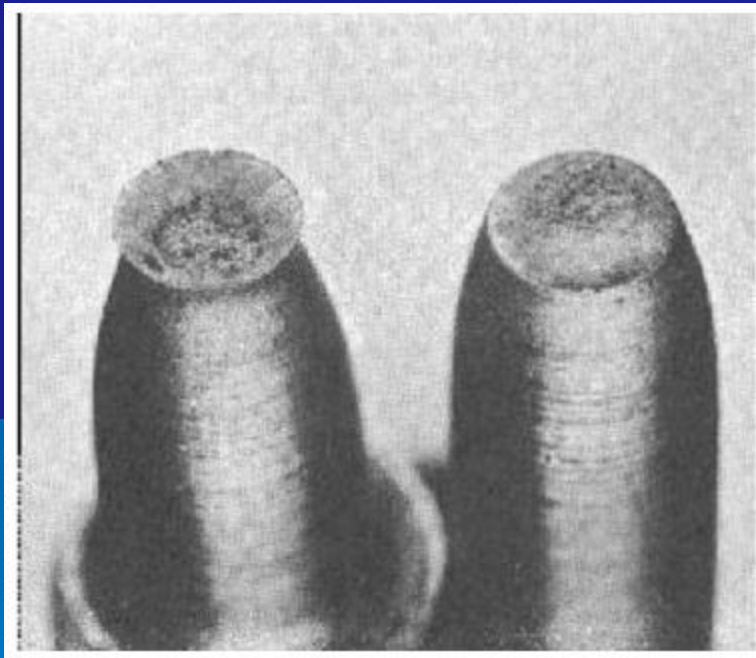
Diferentes tipos de fractura



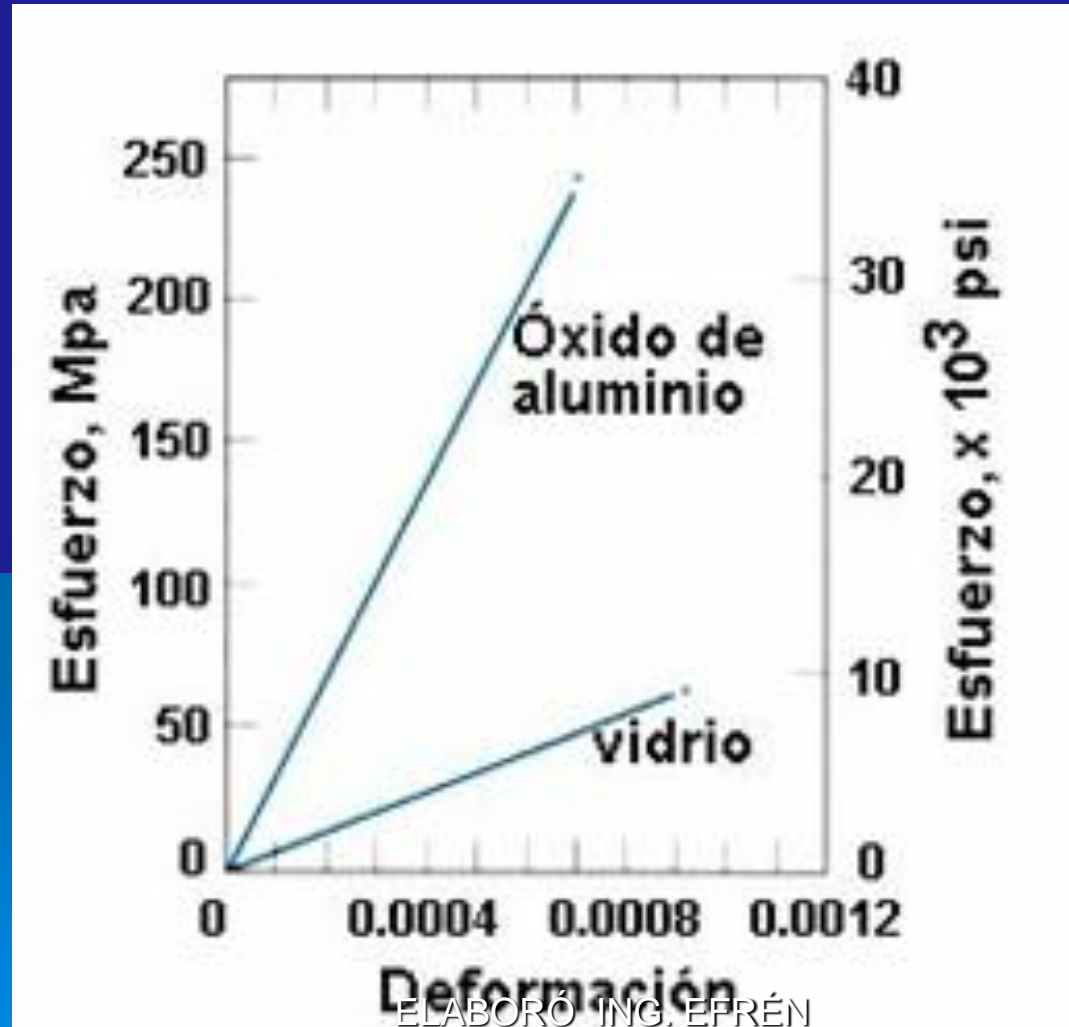
(a) Fractura de un material dúctil, el cuello de la probeta es casi un punto.

(b) Fractura dúctil moderada después de la formación del cuello.

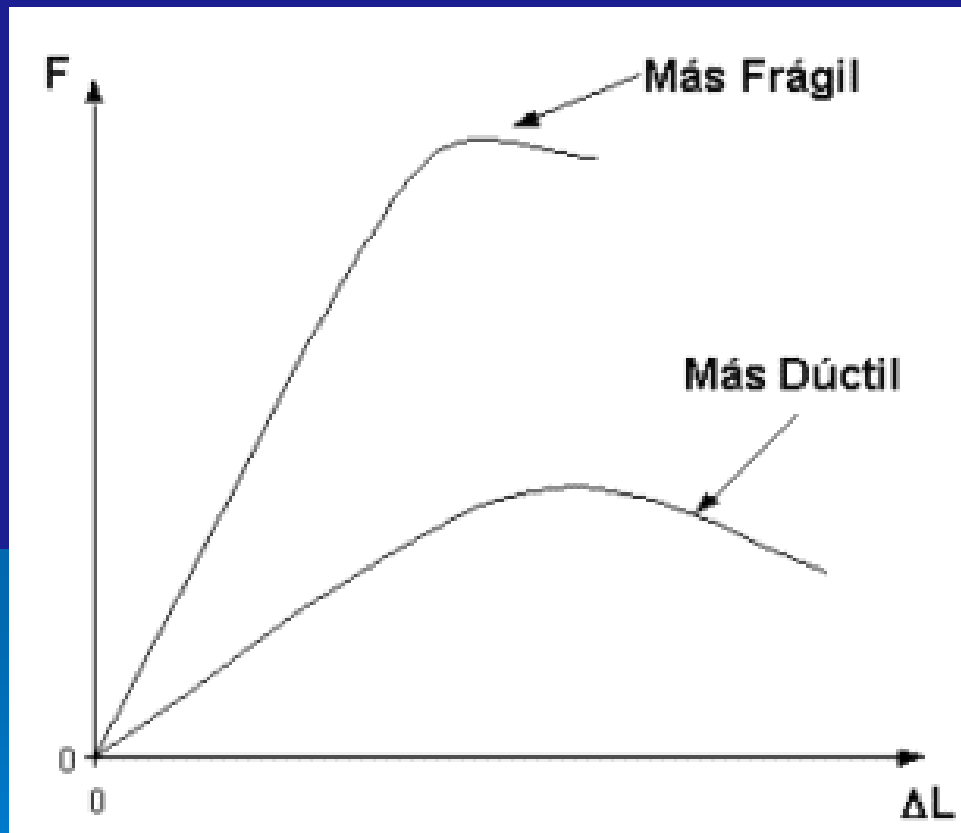
(c) Fractura frágil sin ninguna deformación plástica

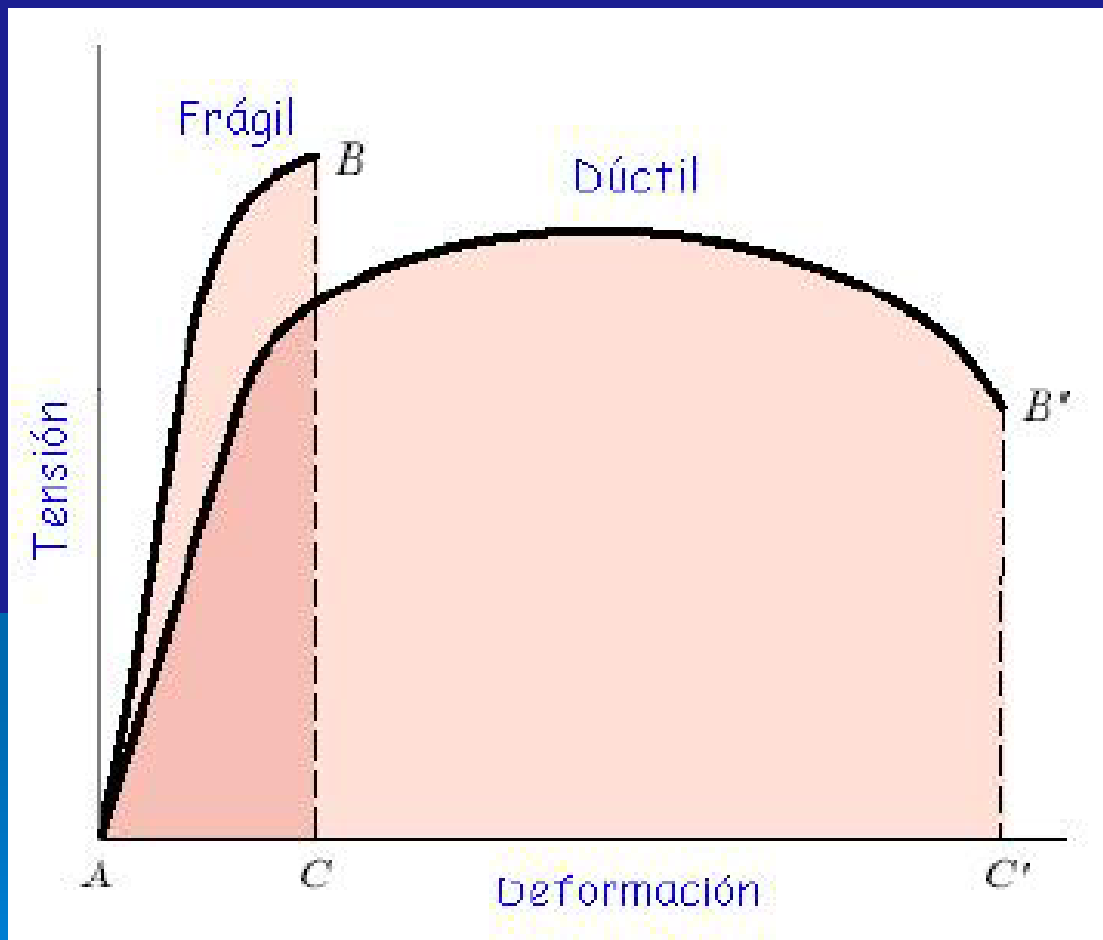


MATERIALES FRÁGILES

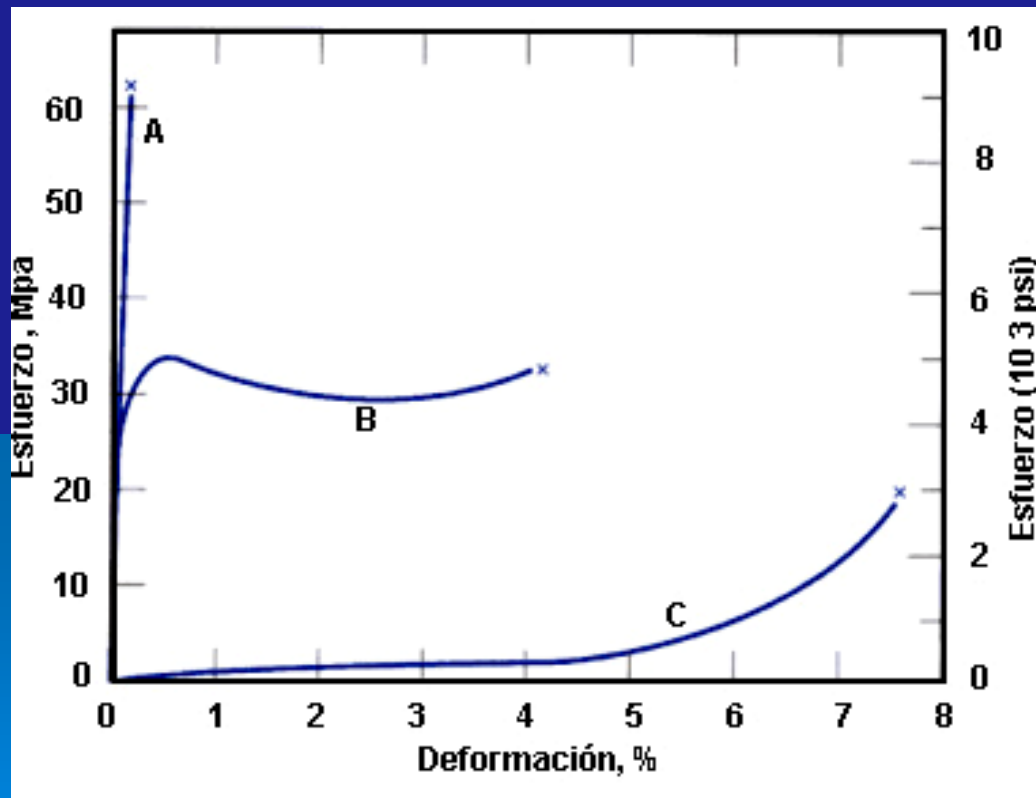


ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.





Curvas de Tracción de diferentes materiales: Frágil, Dúctil, Elastomérico.

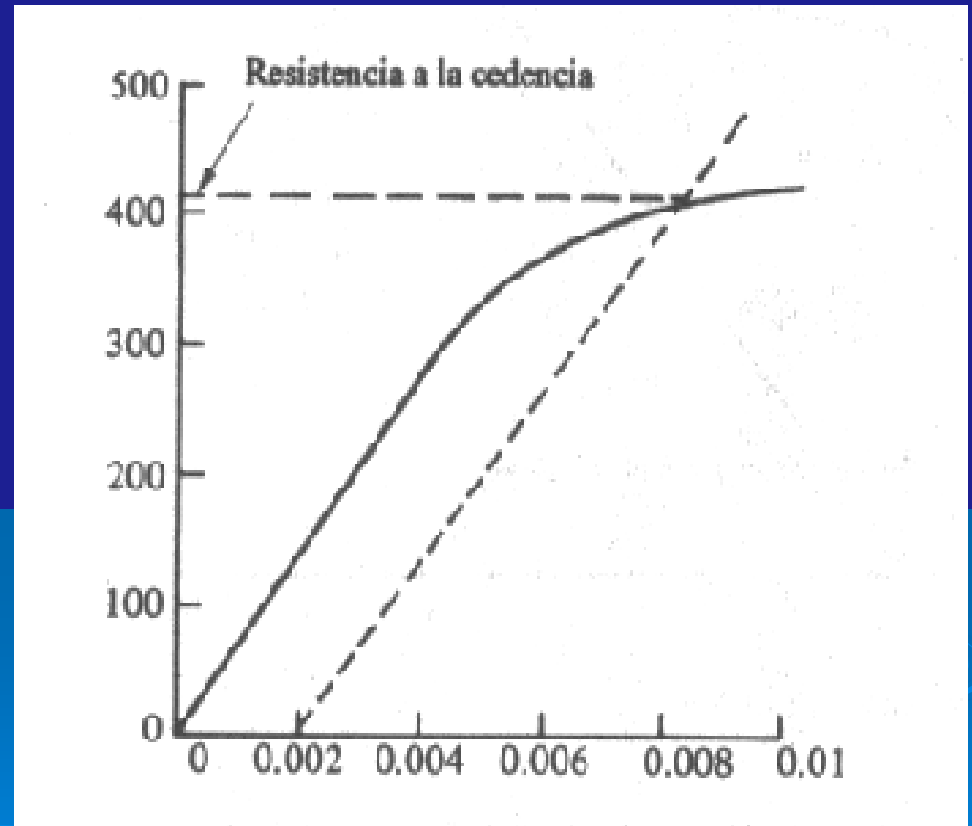
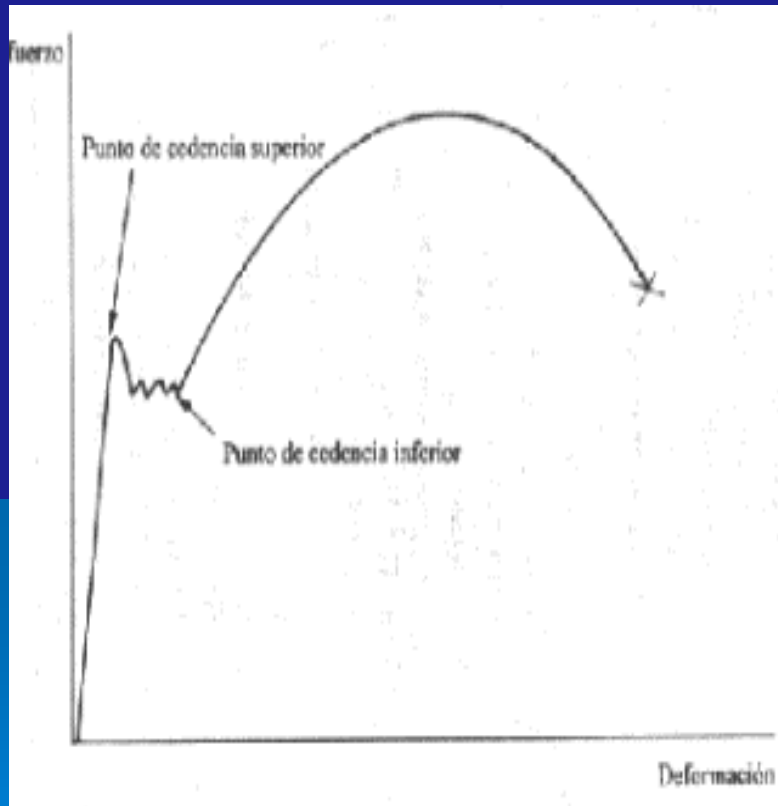


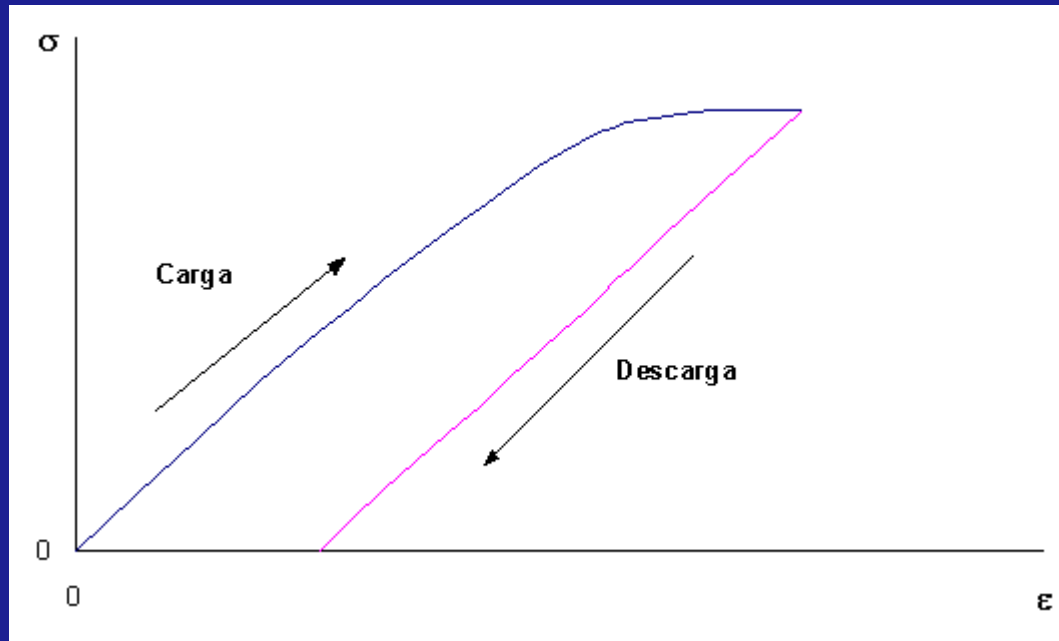
Comportamiento de una curva esfuerzo –deformación para materiales :

- 1.Frágiles (curva A),
- 2.Dúctiles (curva B),
- 3.Altamente elásticos (elastómeros) polímeros (curva C),

CURVA DE MATERIAL DUCTIL

CURVA DE MATERIAL SEMIDUCTIL

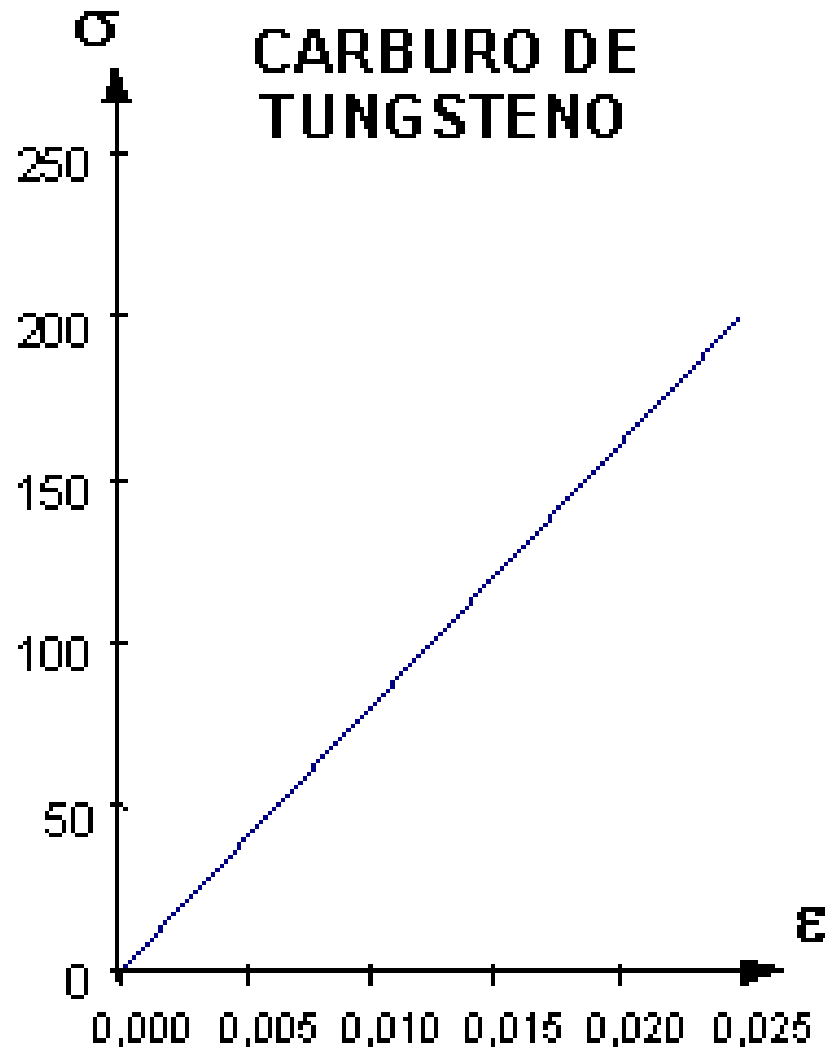




- Si durante el ensayo de tracción, si se descarga la probeta, luego de alcanzar la zona plástica, pero antes de producirse la ruptura, la curva σ VS. ξ cambia de forma. La longitud de la probeta tiende a recuperarse, pero no alcanza la longitud inicial, quedando con un longitud mayor, que se denomina deformación permanente. A nivel gráfico la curva se devuelve con la pendiente de la zona .

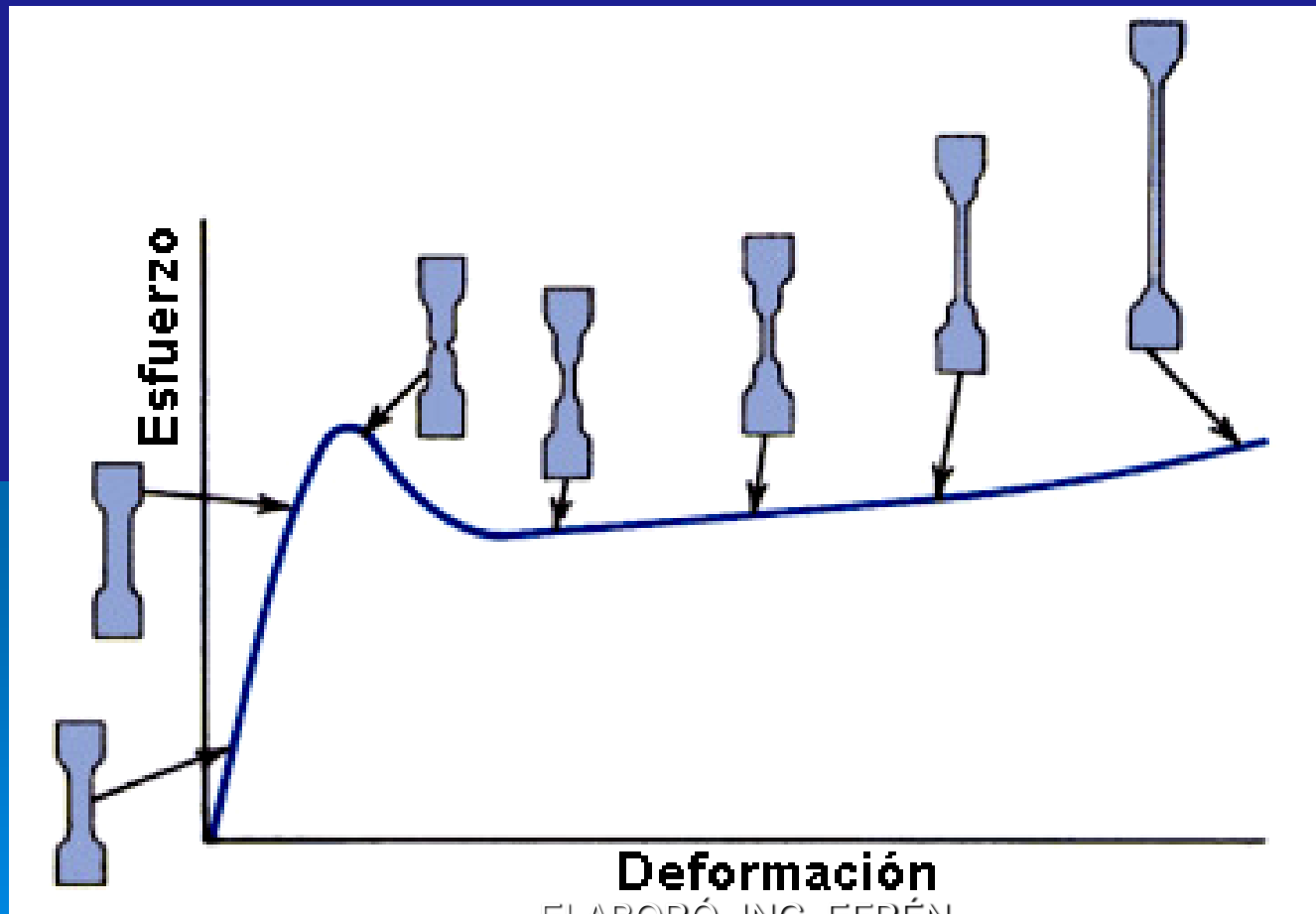
ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.

CARBURO DE TUNGSTENO



ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.

Curva esfuerzo-Deformación esquemática para un polímero semicristalino. Aquí son presentados varios estados de deformación de la probeta de acuerdo al esfuerzo aplicado



ELABORÓ ING. EFRÉN
GIRALDO T.

- Hasta aquí hemos utilizado una definición de deformación tomando como referencia la longitud calibrada inicial. Esta definición es conocida como **deformación ingenieril** y la tensión correspondiente es conocida como **tensión ingenieril**.

- Necesitamos definir la tensión a una deformación en particular independientemente de las dimensiones iniciales de la probeta. Esto se hace utilizando valores de **tensión verdadera** y de **deformación verdadera**

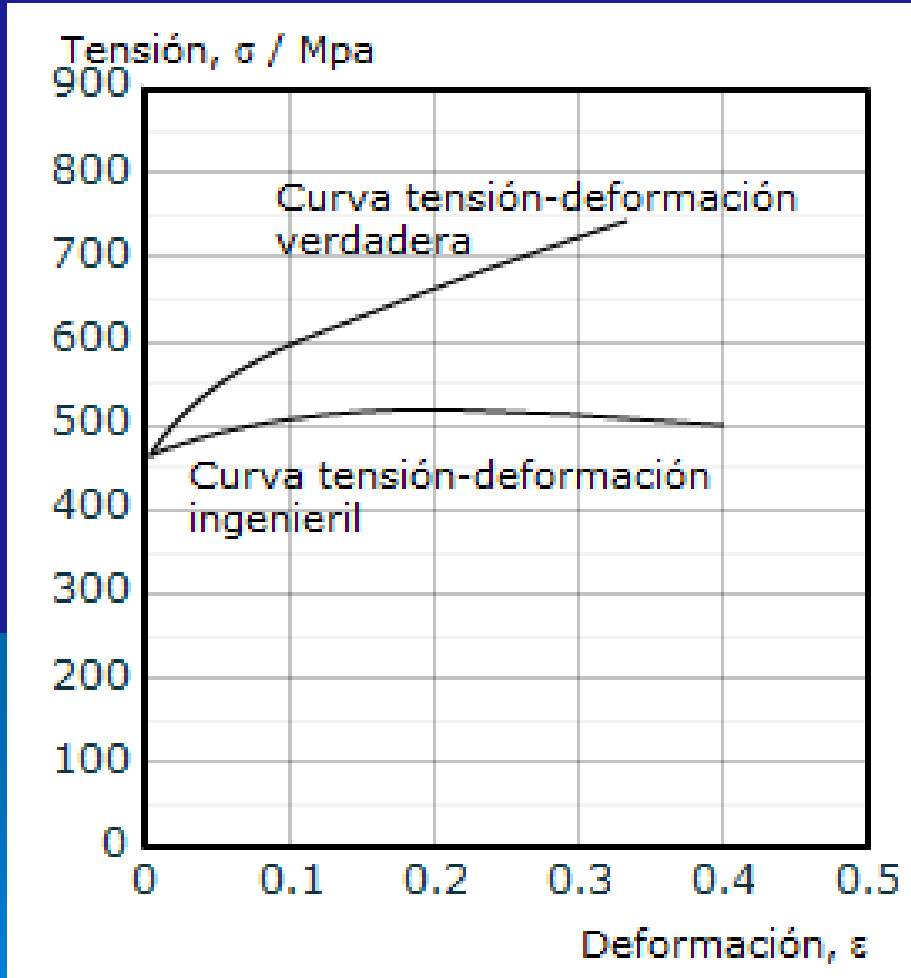
- La tensión verdadera es determinada dividiendo la fuerza en cualquier punto específico del ensayo por el área de la probeta en el mismo momento, no por el área original, como en la determinación de la tensión ingenieril

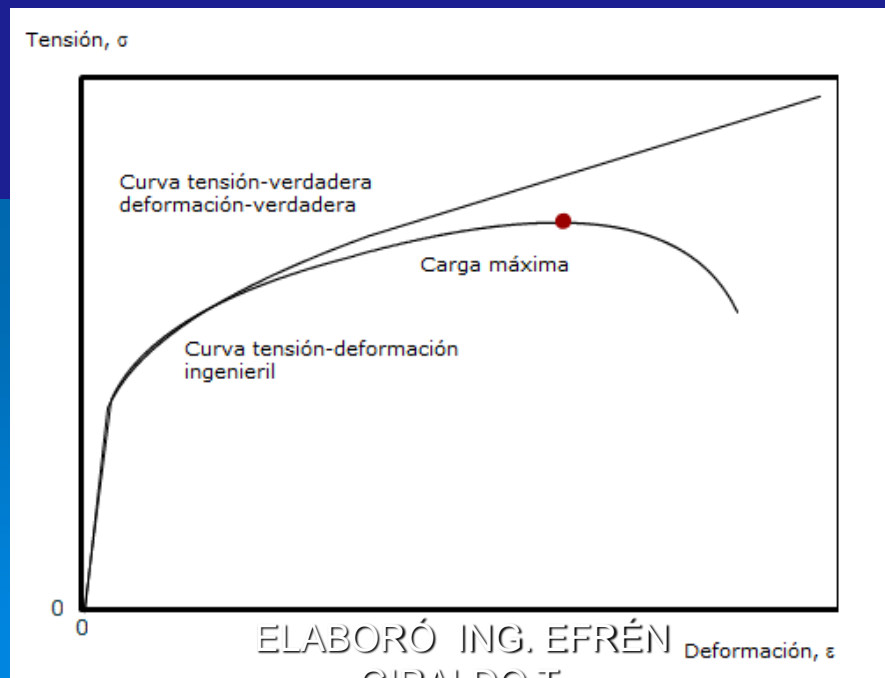
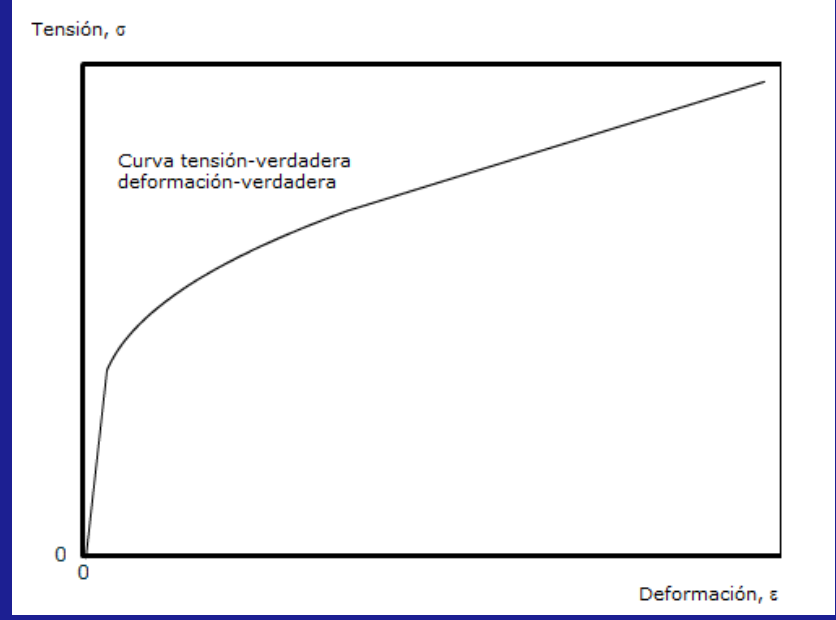
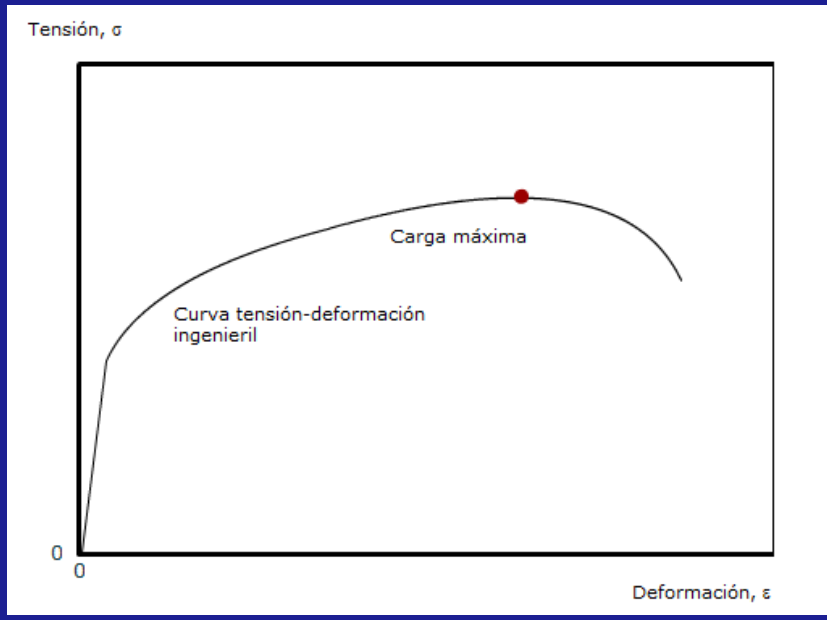
- Tensión verdadera = $\sigma (1 + \epsilon)$

➤ . La deformación verdadera es definida como el cambio en la longitud con relación a la longitud instantánea más que a la longitud calibrada original.

➤ Deformación verdadera=

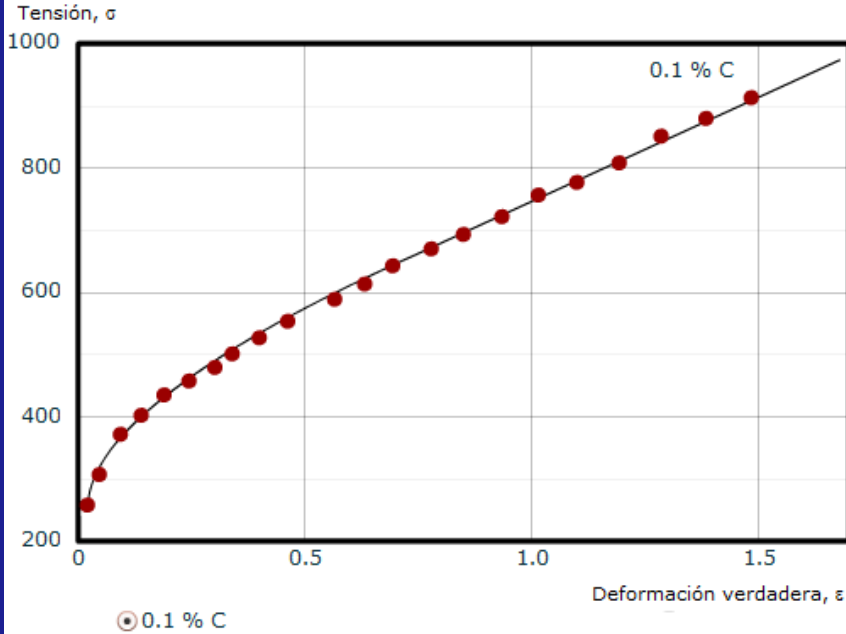
➤ $\ln(l / l_0) = \ln(A / A_0)$



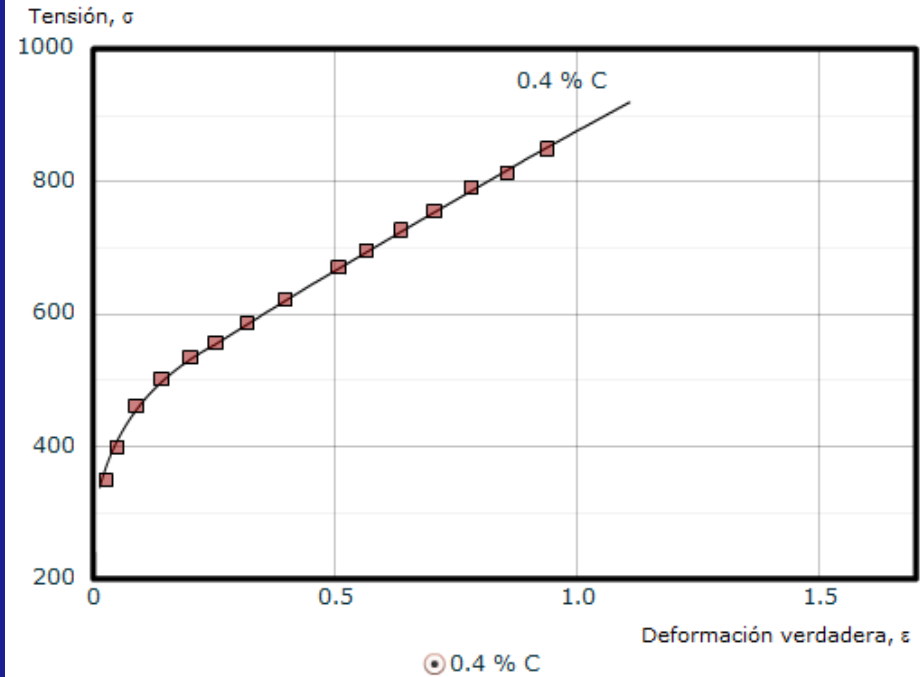


ELABORÓ ING. EFRÉN GIRALDO T.

Efecto del contenido de carbono en las propiedades de tensión verdadera-deformación verdadera de los aceros templados y revenidos



Efecto del contenido de carbono en las propiedades de tensión verdadera-deformación verdadera de los aceros templados y revenidos



➤ <http://www.steeluniversity.org/content/html/spa/default.asp?catid=150&pageid=2081271500>