

MECÁNICA TÉCNICATEMA XII1.- Tracción y Compresión

Se trata del caso en el que

$$N \neq 0$$

$$M_f = 0$$

$$Q = 0$$

$$M_t = 0$$

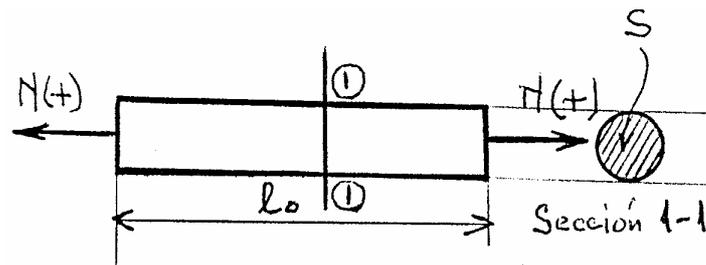


Fig. 12

Por convención se estableció que si N es de tracción será positivo y se desarrollarán tensiones positivas y viceversa si N es de compresión será negativo y las tensiones serán negativas.

En el caso de la Fig. 12.

$$\sigma (+) = \frac{N(+)}{S} \left[\frac{kg}{cm^2} \quad \text{o} \quad \frac{t}{m^2} \right] \quad Pa = \frac{N}{m^2}; \quad MPa = \frac{N}{mm^2}$$

N = esfuerzo normal

S = sección de la pieza obtenida con el plano 1-1

2.- Diagrama de deformaciones y tensiones características en el ensayo de tracción

Supongamos una probeta como la de la Fig. 13 hecha de acero común (también llamado acero dulce) de longitud l_0 , sección S_0 y cuyo diámetro es d_0 .

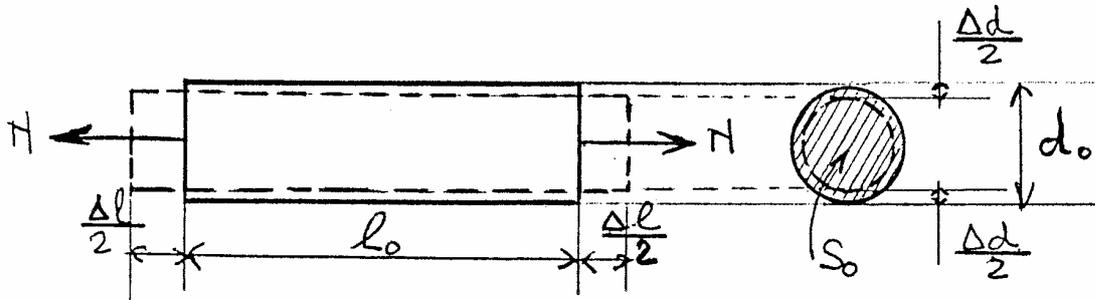


Fig. 13

Si la sometemos a un esfuerzo de tracción N que hacemos crecer paulatinamente desde 0 y a intervalos regulares, veremos que por un lado se alarga de un valor Δl creciente con N y por otro, pero en mucha menor escala, disminuye su diámetro de un valor Δd .

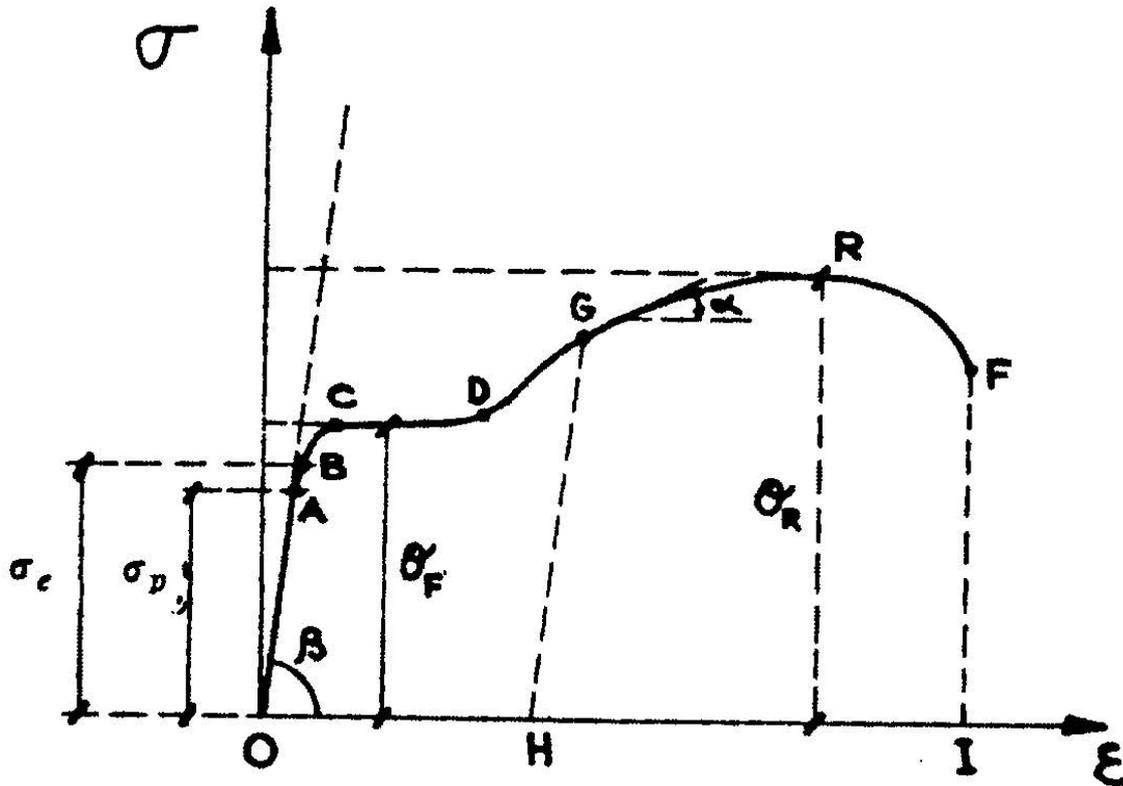
Si a medida que va creciendo N calculamos las relaciones

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{y} \quad \sigma = \frac{N}{S_0}$$

Las unidades son: $\varepsilon = \frac{mm}{mm}$

$\sigma = Pa = \frac{N}{m^2}$; $MPa = \frac{N}{mm^2}$

Será posible graficar estos pares de valores y obtener una gráfica como la de la figura 14 que pasamos a detallar:



OA	Ley de Hooke
OB	Sector Elástico
σ_p	Límite de proporcionalidad
σ_e	Límite de elasticidad
CD	Fluencia del material
$\sigma_c = \sigma_f$	Tensión de Fluencia
σ_R	Tensión máxima
σ_F	Tensión de Rotura

Fig. 14

Desde 0 hasta los pares de valores σ_p y ϵ_p (punto A), que llamaremos "de proporcionalidad", la curva es en realidad una recta y si en este tramo descargáramos la probeta hasta llevar el valor de N nuevamente a 0 aquella volvería a su longitud inicial l_0 .

A partir del par de valores σ_p y ϵ_p la gráfica empieza a apartarse ligeramente de la recta hasta llegar al par de valores σ_e y ϵ_e (punto B) que llamaremos "elásticos". Estos valores están definidos por el hecho que si se descargara la probeta, esta quedaría con una deformación remanente llamada "deformación plástica" de valor

$$\varepsilon \text{ remanente} \leq 0,01\% \quad (\text{Fig. 15a})$$

Como la diferencia entre los pares de valores de σ_p, ε_p y σ_e, ε_e es pequeña en la práctica se toman estos dos puntos como coincidentes y se los confunde en el denominado "**límite de proporcionalidad**" ó también "**límite elástico**".

Si seguimos incrementando N a partir de σ_e, ε_e la curva se apartará aún mas de la recta y llegará a un par de valores σ_f, ε_f (punto C) llamados "de fluencia" y que constituyen el llamado "**límite de fluencia**". A partir de este límite se incrementa considerablemente la deformación específica ε sin aumentar la tensión σ (en realidad esta presenta una oscilación errática pero de pequeña amplitud).

Este tramo de la curva coincide con un hecho físico consistente en la "reacomodación interna" del material. Terminado este proceso, la tensión vuelve a subir pero acompañada de deformaciones específicas grandes. Se produce un máximo de la tensión σ (punto R) y luego esta decae hasta que se produce la rotura de la pieza (punto F).

Esta parte de la curva sin embargo merecerá mas adelante un comentario. Aquí solo queremos manifestar que por convención se elige el máximo valor de la tensión (σ_R) así obtenida como "**de rotura**" y como deformación específica también "de rotura" a la deformación máxima obtenida del ensayo así realizado (ε_F). Los valores σ_R, ε_F se hallan marcados en la figura 14.

En los aceros comunes tenemos los siguientes valores promedios de las tensiones características vistas anteriormente.

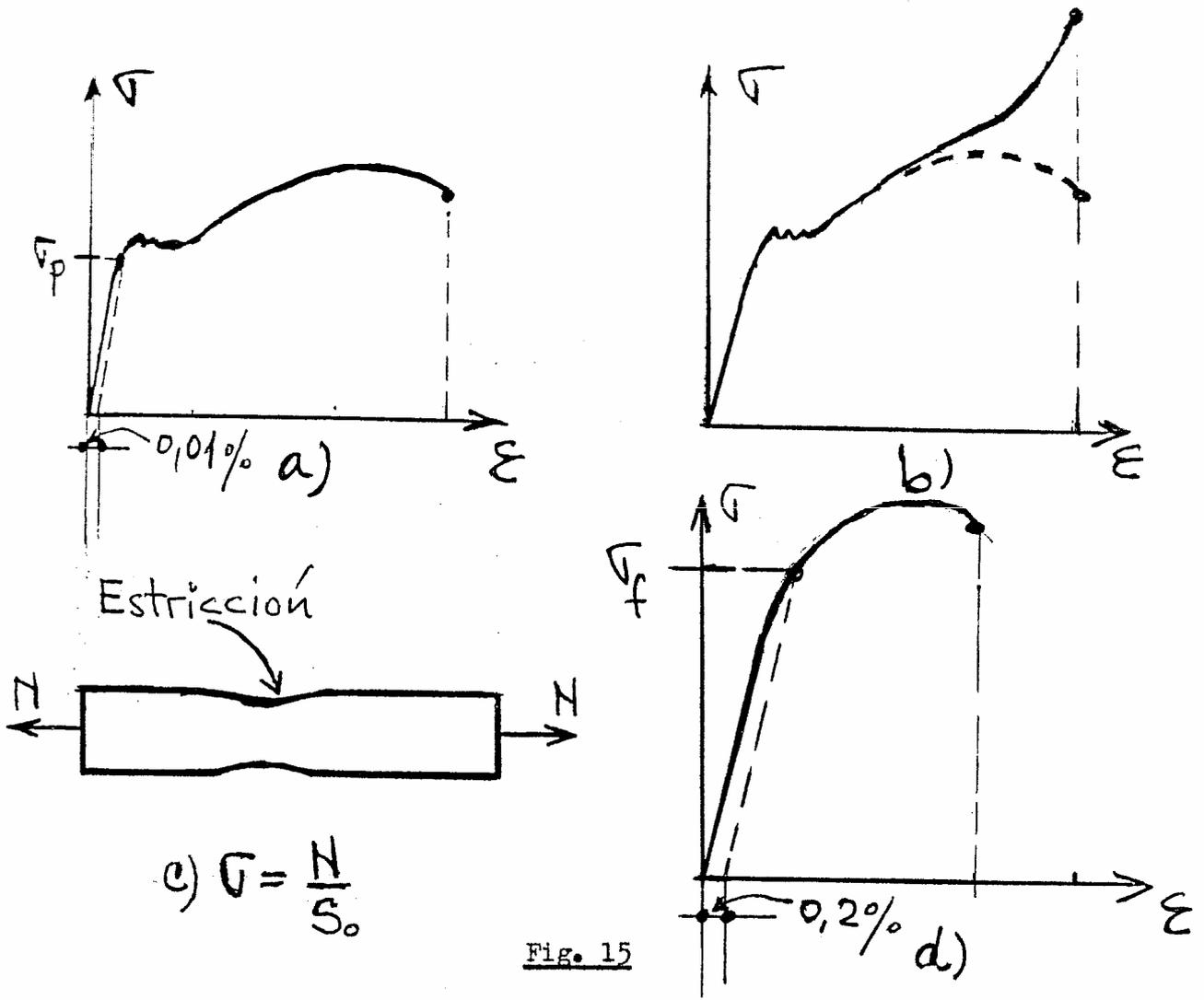
$$\sigma_e \cong \sigma_p = 1.900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 2.200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_r = 3.400 \text{ kg/cm}^2$$

Para una completa comprensión del ensayo debemos hacer los siguientes comentarios:

- ✓ El ensayo aquí descrito está normalizado lo que incluye también a la probeta o pieza a ensayar.
- ✓ Ya se ha dicho que simultáneamente a que la probeta se alarga también se contrae lateralmente. Hasta el valor de σ_r esta contracción es prácticamente uniforme a lo largo de la probeta pero a partir de allí se produce en alguna sección una estricción mayor que en el resto y esto hace que la curva empieza a decaer. Ahora bien, es difícil determinar el instante en que ese hecho acontece pero si en lugar de dividir el esfuerzo N por la sección original S_0 se lo dividiera por la sección real en cada medición se tendría la curva de la Fig. 15b. En la Fig. 15 c aparece como se produce la estricción en la probeta.
- ✓ El ensayo arriba descrito corresponde al acero dulce pero hay aceros como por ejemplo los "especiales" estirados o deformados en frío que no presentan bien definido el límite de fluencia y como este valor se toma como base para las "tensiones admisibles", como veremos mas adelante, es que por convención se ha definido como "límite de fluencia convencional" a la tensión que al descargar la probeta deja una deformación permanente de 0,2% (Fig. 15 d).



$$c) \sigma = \frac{N}{S_0}$$

Fig. 15

3.- Ley de Hooke

Teniendo en cuenta el ensayo visto en el punto anterior el investigador inglés R. Hooke enunció en 1678 una ley que relaciona la deformación Δl con el esfuerzo N mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l_0}{S_0 \cdot E} \quad (3)$$

en donde conocemos el significado de Δl , N , l_0 y S_0 y

E = constante llamado "módulo de elasticidad longitudinal" y es característica de cada material.

Está claro que la fórmula (3) es una recta y por consiguiente solo representa la primer parte del diagrama de tensiones y deformaciones de la Fig. 14 precisamente hasta el par de valores: σ_p y ϵ_p (límite de proporcionalidad) y por extensión hasta σ_e y ϵ_e (límite elástico) que como hemos dicho difiere de muy poco de los anteriores. Por otra parte esa es la zona del diagrama donde haremos trabajar los materiales como veremos mas adelante.

La (3) podemos transformarla de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \frac{N}{S_0} \quad \delta \quad \epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (4)$$

La (4) es otra expresión de la ley de Hooke.

4.- Contracción lateral. Coeficiente de Poisson

Volviendo a la Fig. 13 así como se definió la deformación específica longitudinal ϵ es posible también definir una deformación específica transversal e igual a:

$$\epsilon_t = \frac{\Delta d}{d_0} \quad (5)$$

El investigador francés Poisson comprobó experimentalmente que la relación entre ϵ y ϵ_t es una constante, o sea

$$\frac{\epsilon_t}{\epsilon} = \mu = \frac{1}{m} = \text{cte} \quad (6)$$

siendo $\mu < 1$ y $m > 1$.

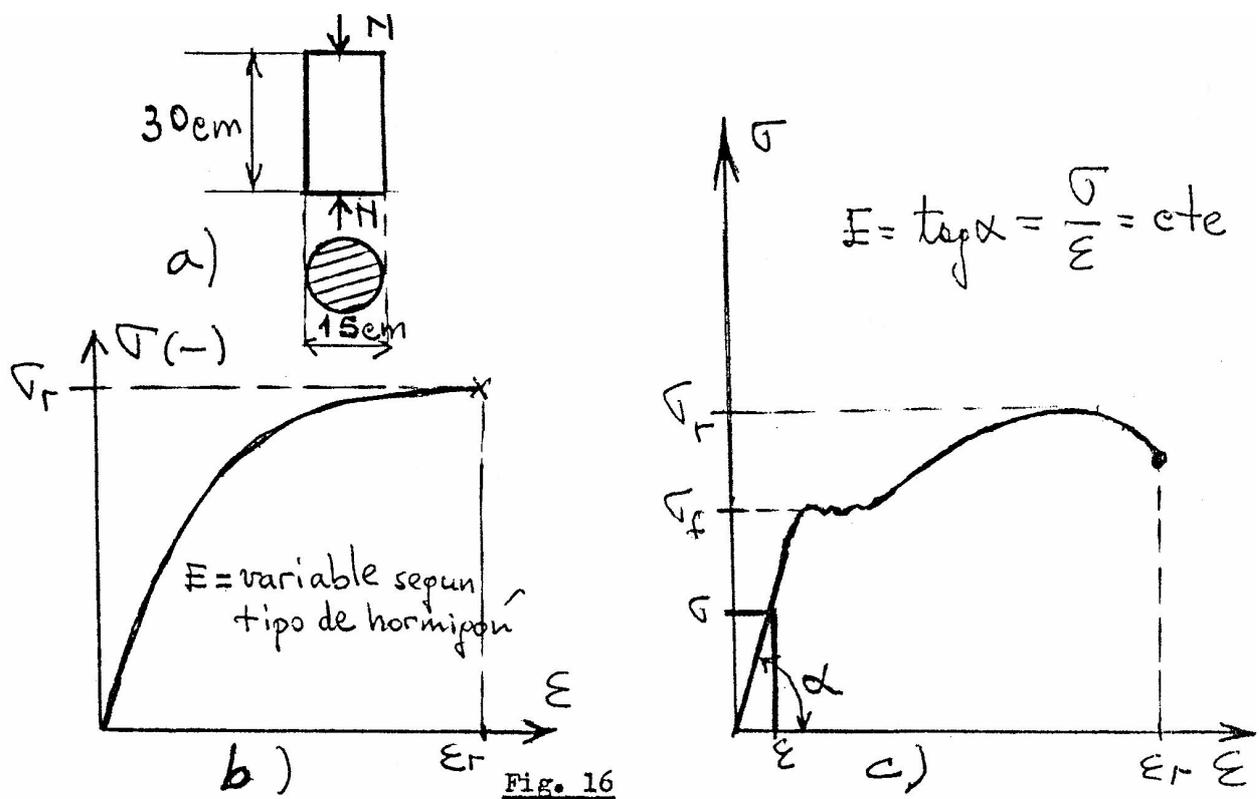
El valor de μ ó de m es característico también de cada material y solamente a título de información damos algunos valores:

para el acero $\mu = 0,3$

para el hormigón μ está entre 0,10 y 0,15

5.- Tensiones de rotura, límite de elasticidad. Módulo de elasticidad.

En el punto 2 y utilizando la Fig. 14 ya hemos hablado de la tensión de rotura y del límite de elasticidad de los aceros y en el punto 3 hemos hablado del módulo de elasticidad de los mismos. En el caso del hormigón hay un ensayo parecido que se realiza sobre probetas cilíndricas que tienen la dimensión de la Fig. 16a y sometidas a un esfuerzo de compresión N



Si como en el caso del acero graficáramos el par de valores σ y ϵ obtendríamos la curva de la Fig. 16 b que en ninguna parte presenta tramos rectos. Esto equivale a decir que por más baja que sea la tensión σ al descargar la probeta siempre quedará algo de deformación remanente. Sin embargo en el primer tramo la curva se separa poco de la recta tangente y es por ello que podemos decir que cumple con la ley de Hooke, fórmula (4), y será posible establecer un límite de elasticidad y un módulo de elasticidad

longitudinal convencional aunque solo se podrá determinar con seguridad la tensión y deformación de rotura $\overline{\sigma}$ y $\overline{\epsilon}$ (Fig. 16 b). En el acero, el módulo de elasticidad puede ser interpretado como la pendiente del diagrama recto de la Fig. 14. En efecto de la (4) $E = \overline{\sigma} / \overline{\epsilon}$ (Fig. 16 c). En el hormigón, el valor de E es un valor convencional elegido, utilizando la probeta de Fig. 16a y sometiéndola a un determinado ensayo que aquí no vale la pena precisar.

ANEXO:

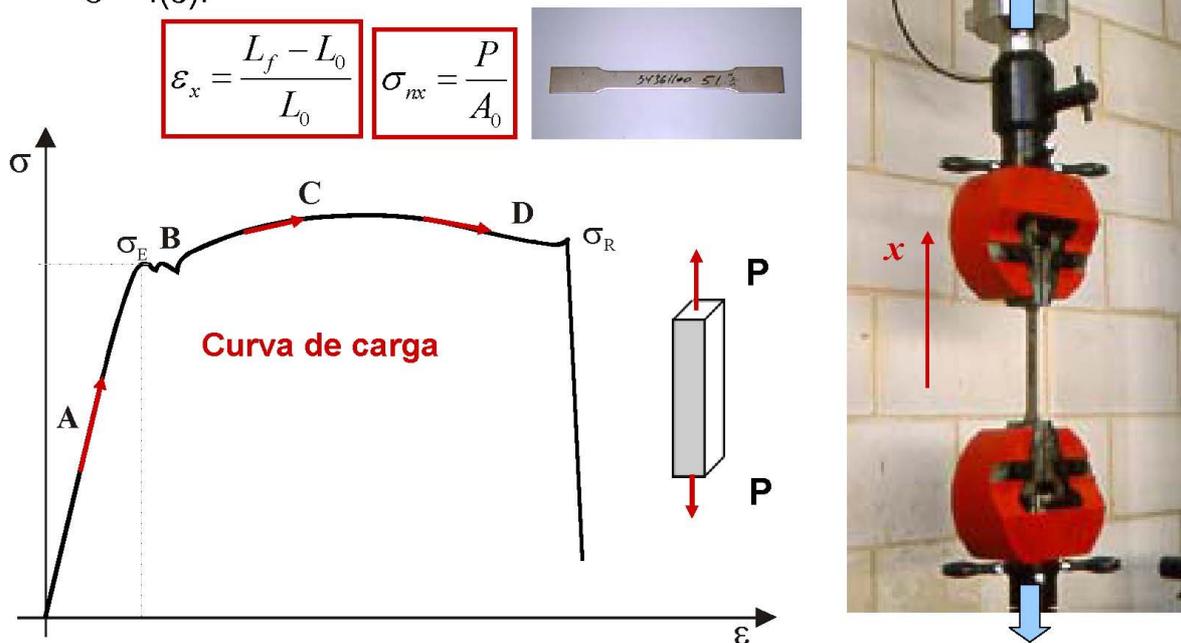
ENSAYO A TRACCIÓN. LEY DE HOOKE.

Propiedades mecánicas de los materiales (Módulo Elástico, tensión de rotura etc.) se obtienen experimentalmente en laboratorios.

Se ensayan probetas normalizadas de material.

Ensayo más común: **ENSAYO DE TRACCIÓN UNIAXIAL**

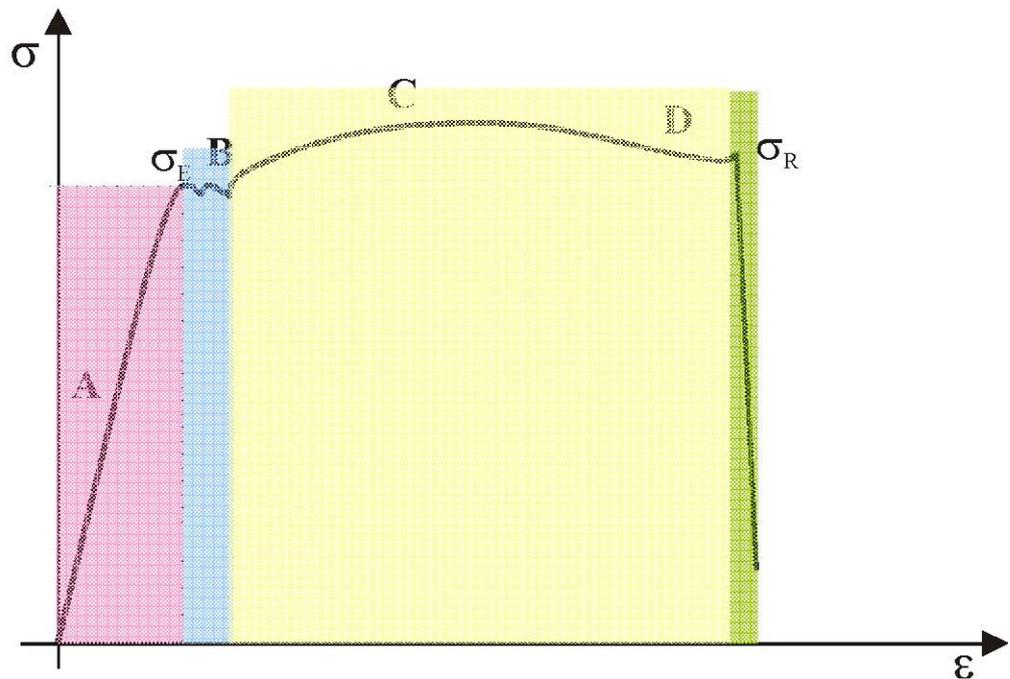
- Aplicación progresiva de una carga axial P y obtención de la curva $\sigma = f(\varepsilon)$.





En el gráfico $\sigma = f(\epsilon)$ de un ensayo uniaxial se pueden distinguir 4 zonas:

- A** Zona Elástica
- B** Zona Elasto-Plástica
- C** Zona Plástica de Endurecimiento-Ablandamiento
- D** Rotura



A Zona Elástica

No hay deformaciones residuales si la probeta se descarga antes de llegar a la zona B \rightarrow no se disipa energía \rightarrow no aparecen daños en el material.

σ_E Límite Elástico.

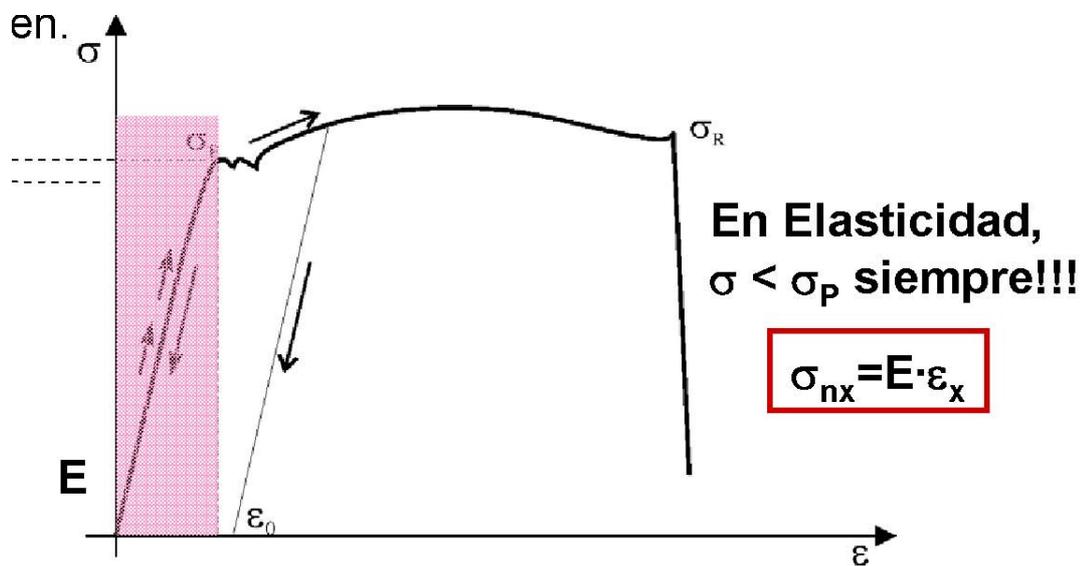
σ_p Límite de Proporcionalidad. Si $\sigma < \sigma_p$, σ_{nx} proporcional a ϵ_x .

Dos sub-áreas:

-Elástica proporcional: $\sigma_{nx} < \sigma_p$

-Elástica no proporcional: $\sigma_p < \sigma_{nx} < \sigma_E$

E = Módulo de Young o Módulo Elástico: Pendiente de la curva $\sigma_{nx} = f(\epsilon_x)$ en el origen.



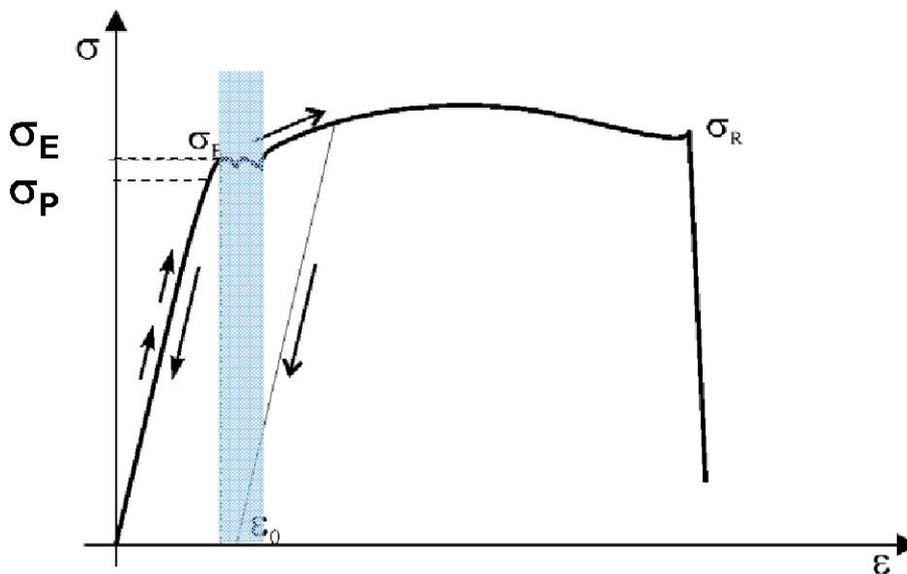
B Zona Elasto-Plástica

Aparecen deformaciones residuales cuando se descarga la probeta

El material está dañado permanentemente → disipación de energía.

El área bajo la curva $\sigma = f(\varepsilon)$ durante un ciclo de carga-descarga es la energía disipada por ud de volumen por la plastificación.

La transición de la zona elástica a la zona plástica cambia de un tipo de material a otro. En muchos materiales esta zona pasa desapercibida.



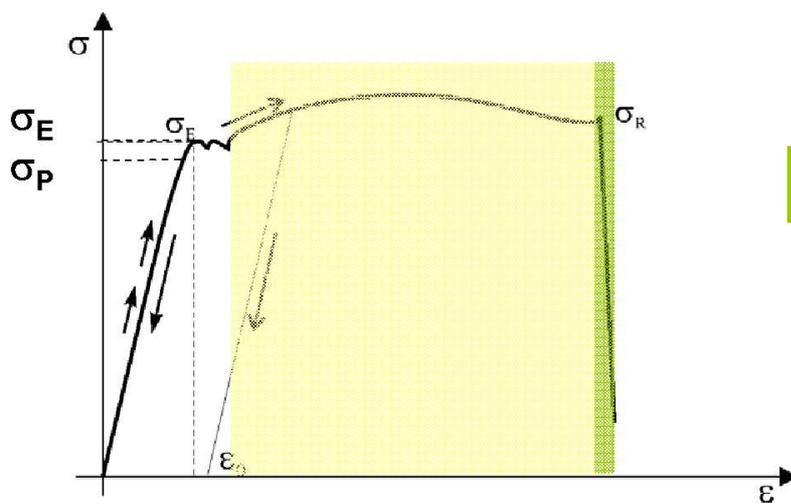
C Zona Plástica de Endurecimiento-Ablandamiento

Aparecen deformaciones permanentes cuando se descarga la probeta.

El material está dañado: disipación de energía.

Endurecimiento: debido a reordenación atómica

Ablandamiento: debido a la estricción (reducción de la sección de la probeta).



D Rotura

- La probeta falla
- σ_R tensión de rotura

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: