



*Universidad de Buenos Aires*

*Facultad de Ingeniería*

*Departamento de Estabilidad*

**INGENIERÍA CIVIL**

**ESTABILIDAD II – 84.03**

# **INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II**

## **Relaciones entre Tensiones y Deformaciones - 01**

*Autor: Ing. Luis Nelson SOSTI  
Abril 2020*

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1° Parte

### 01 – INTRODUCCIÓN

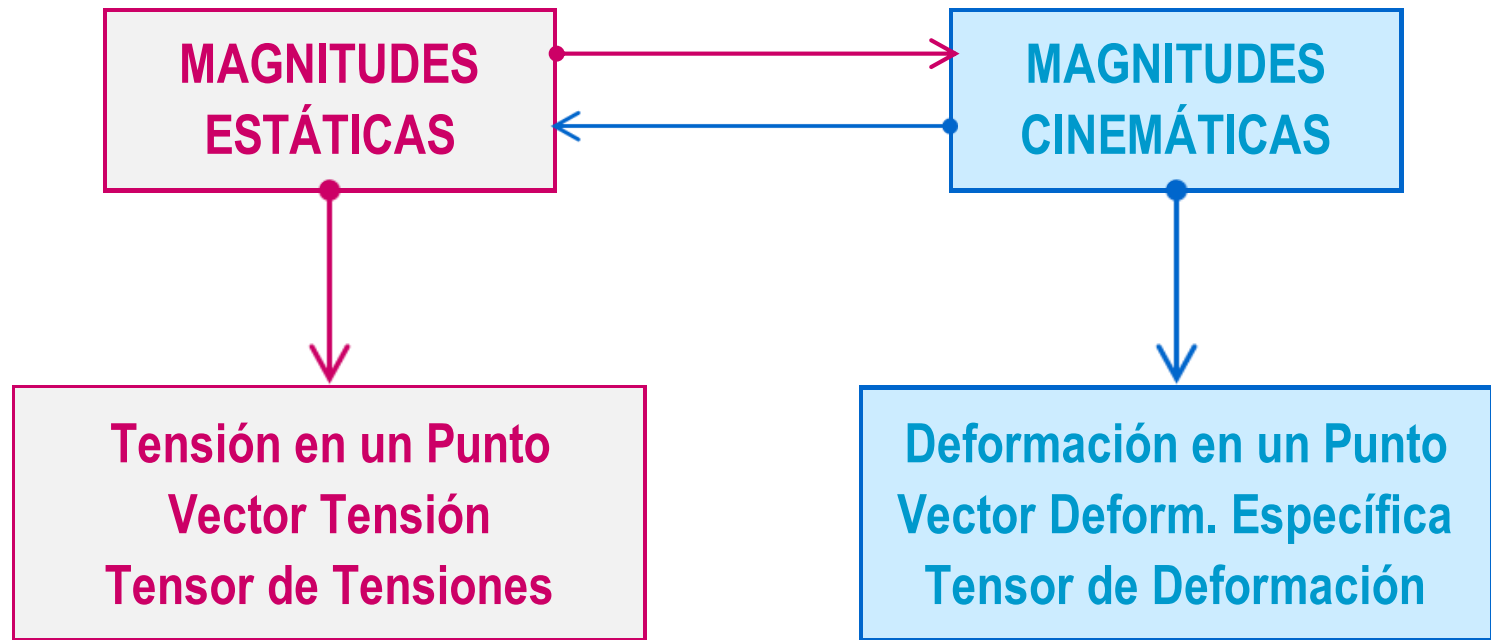
02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSION-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

## 01 – INTRODUCCIÓN:



- Cómo los relacionamos? Cómo vinculamos ambos tipos de magnitudes?
- Podrán ser de manera analítica?



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1° Parte

### 01 – INTRODUCCIÓN

### 02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

### 03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN $\sigma$ - $\epsilon$

### 04 – REPASO - RESUMENES

### 05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

- Solamente por medio de ensayos que permitan determinar las características y propiedades de los materiales;
- Las relaciones anteriores dependen de los tipos de materiales con los cuales se está trabajando.

**DEBEMOS REALIZAR ENSAYOS**

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

### 01 – INTRODUCCIÓN

### 02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

### 03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN $\sigma$ - $\epsilon$

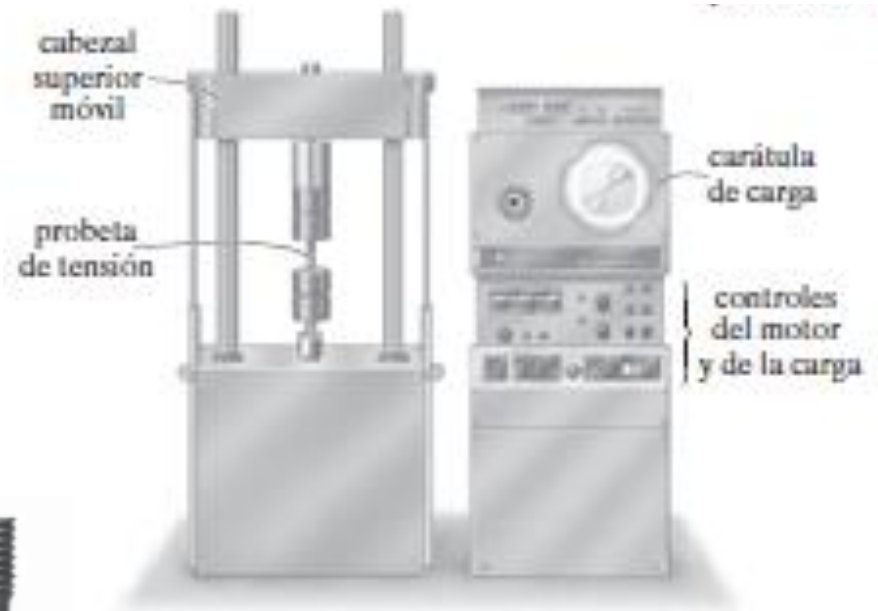
### 04 – REPASO - RESUMENES

### 05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

## 02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS:



**Fotografía 2.2** Esta máquina se emplea para realizar pruebas a tensión en probeta, como las que se explican en este capítulo.



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

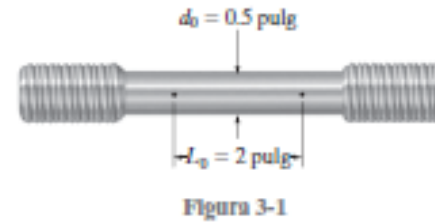
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO - PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



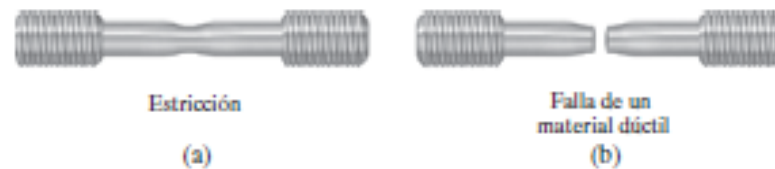
3



Probeta de acero típica con un medidor (galga) de deformación cementado.



En esta probeta de acero se observa con claridad la estricción que ocurre justo antes de su falla. Lo anterior ocasiona una fractura típica de "copa y cono", la cual es característica de los materiales dúctiles.



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

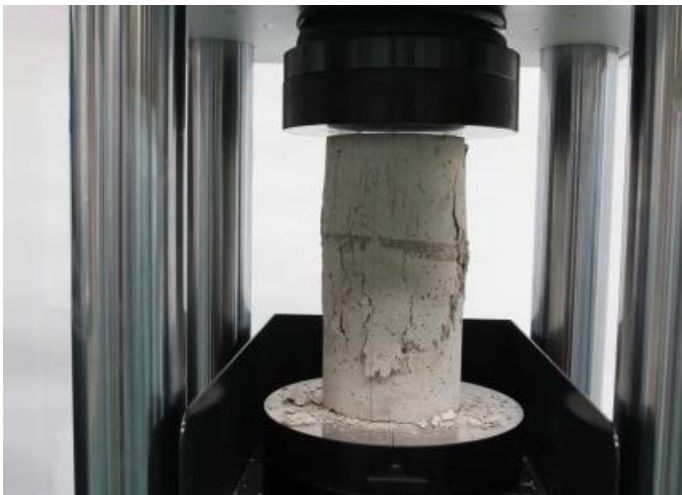
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSION-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO - PROBETAS - RESULTADOS

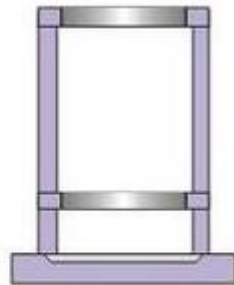
03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

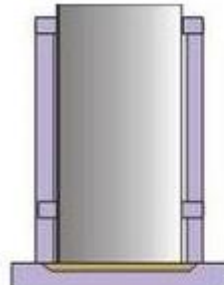
05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



Probeta antes refrentado



Dispositivo de refrentado



Probeta en dispositivo



Probeta refrentada



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1° Parte

### 03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN $\sigma$ - $\epsilon$ :

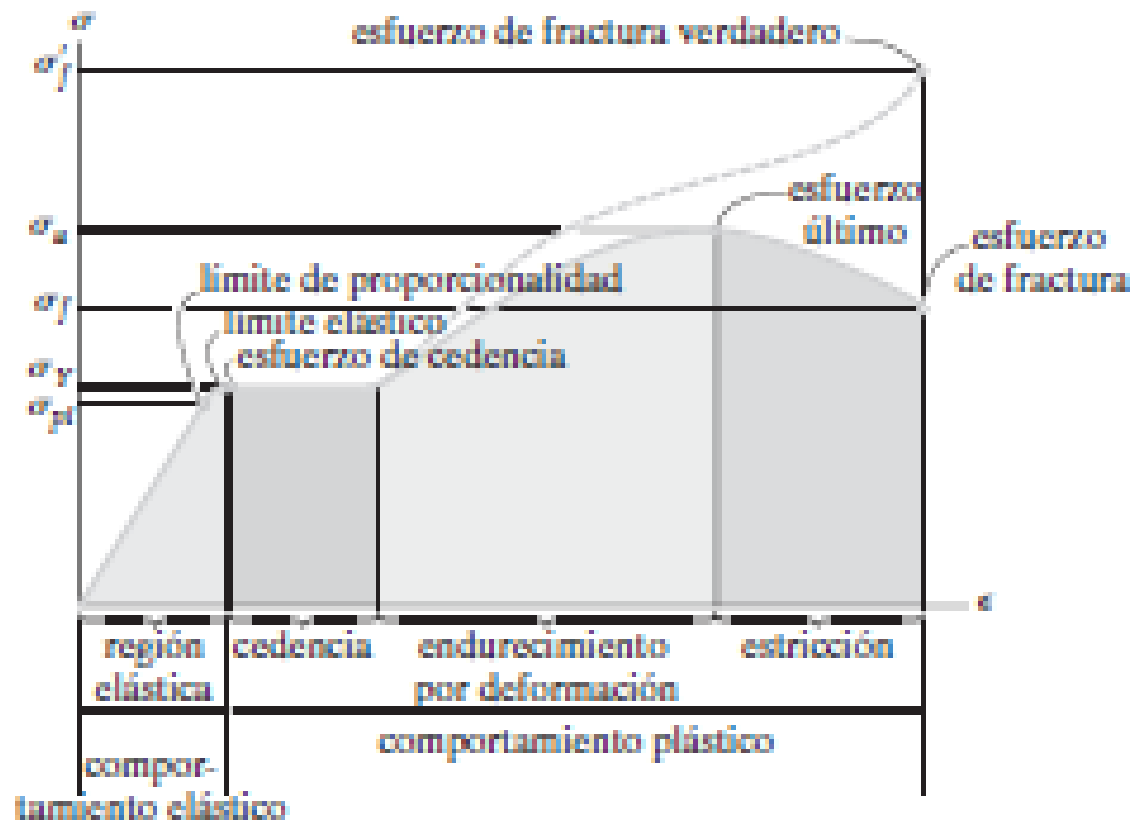
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



Diagramas de esfuerzo-deformación convencional y verdadero para un material dúctil (acero) (no se presenta a escala)



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1° Parte

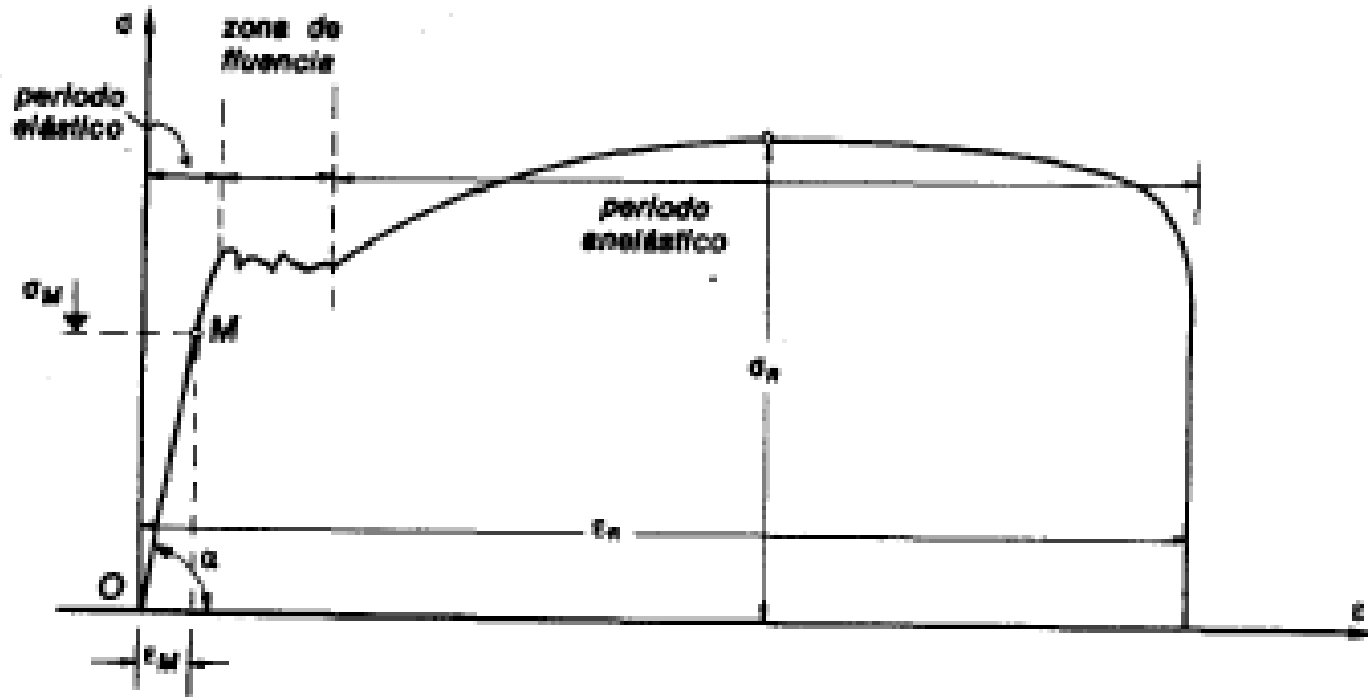
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

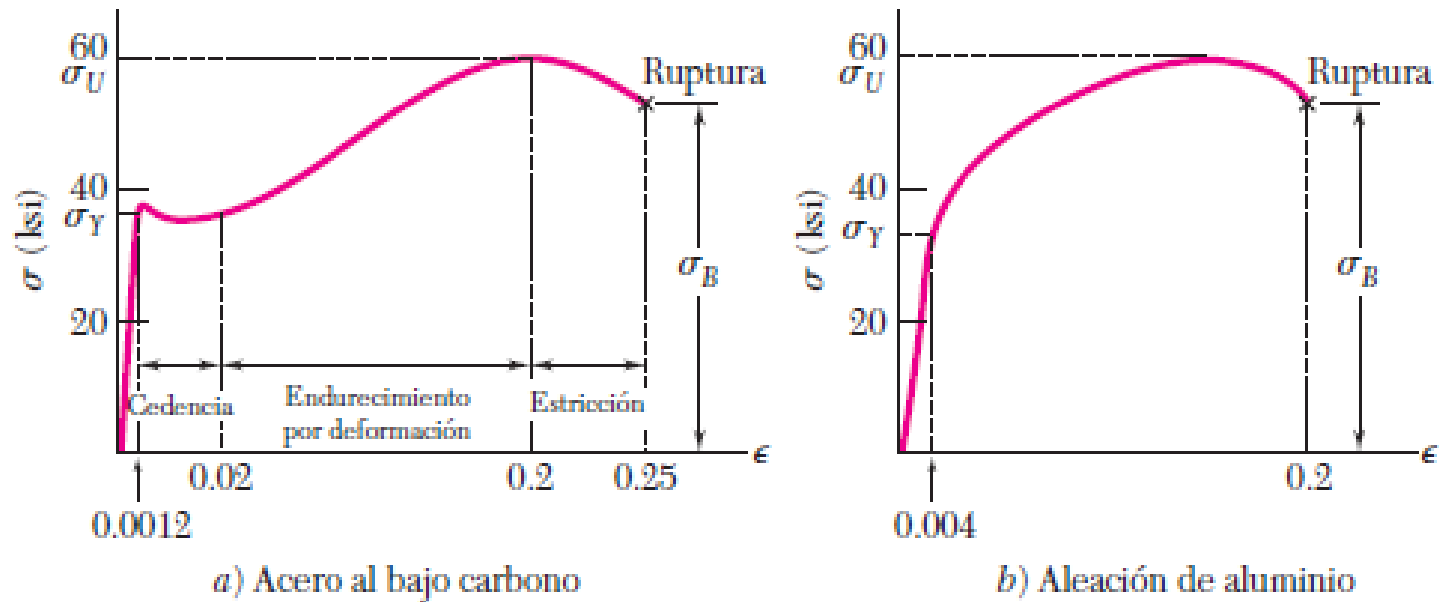
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESÚMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



**Figura 2.6** Diagramas esfuerzo-deformación de dos materiales dúctiles típicos.

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

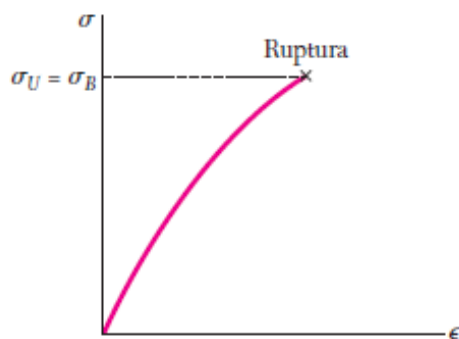
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

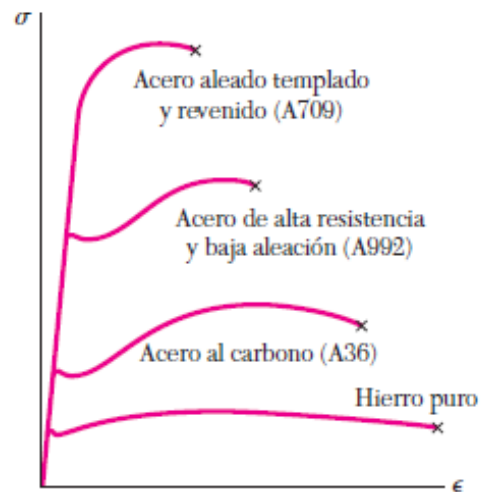
03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

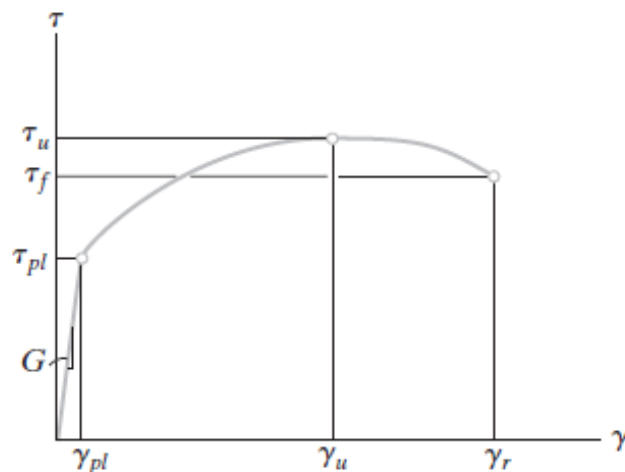
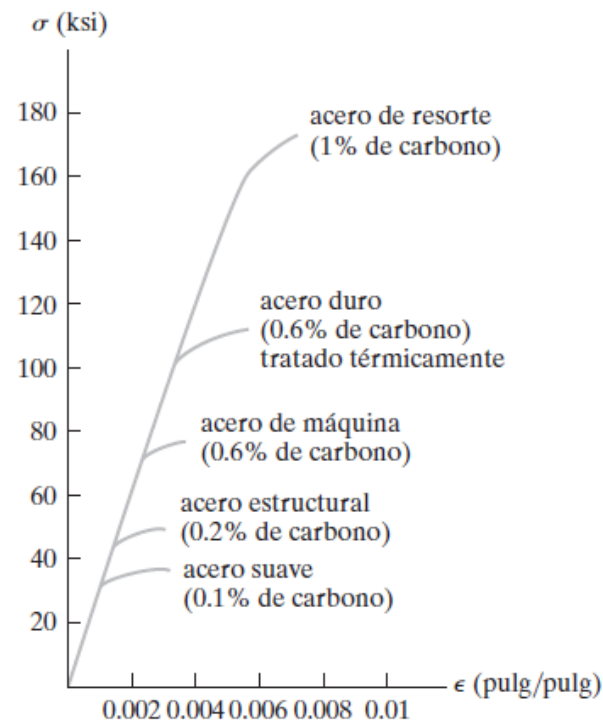
05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



**Figura 2.7** Diagrama esfuerzo-deformación para un material frágil típico.



**Figura 2.11** Diagramas esfuerzo-deformación para el hierro y para diversos grados de acero.



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

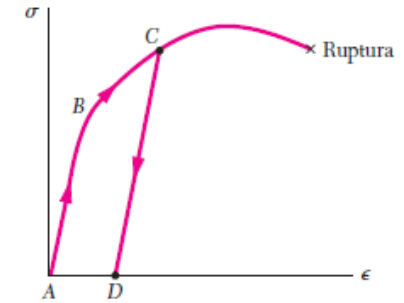
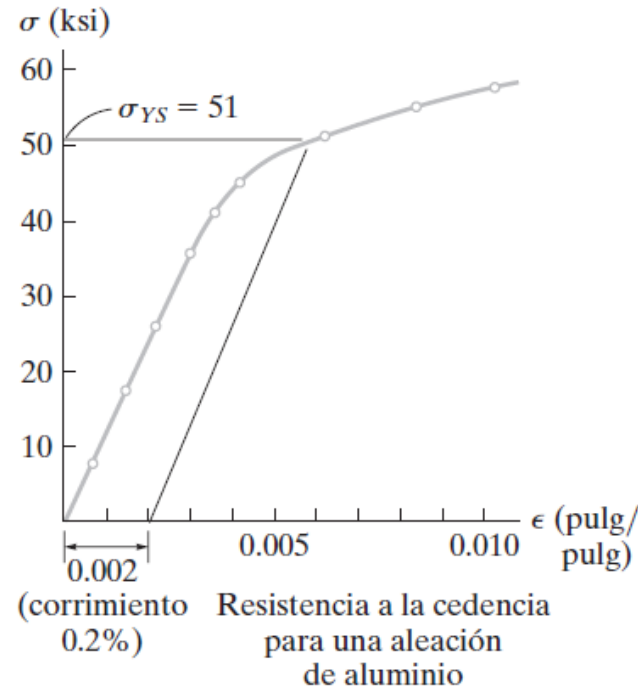
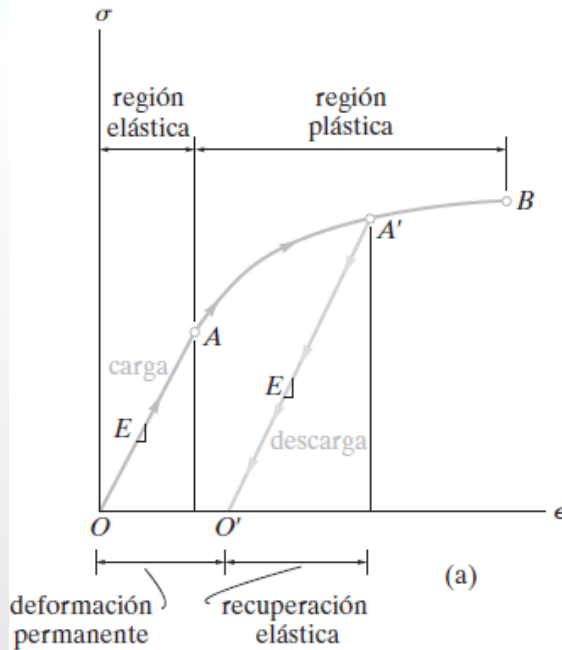
01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

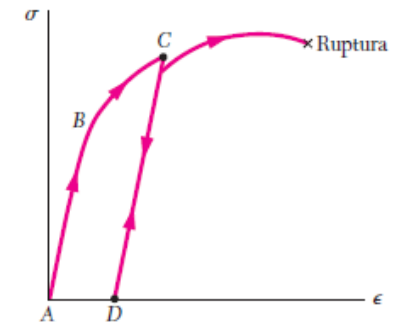
03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



**Figura 2.13** Características del esfuerzo-deformación de un material dúctil al que se carga más allá de la cedencia para después descargarlo.



**Figura 2.14** Características del esfuerzo-deformación de un material dúctil recargado después de una cedencia previa.

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

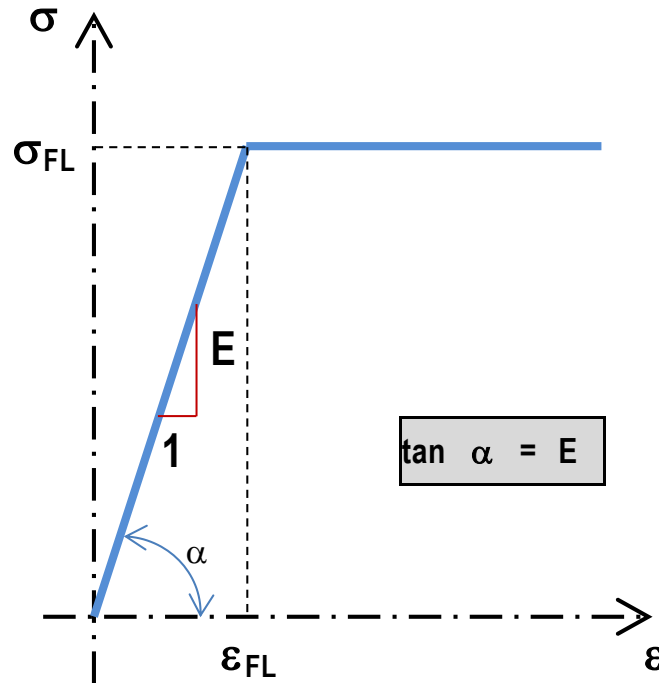
### 01 – INTRODUCCIÓN

### 02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

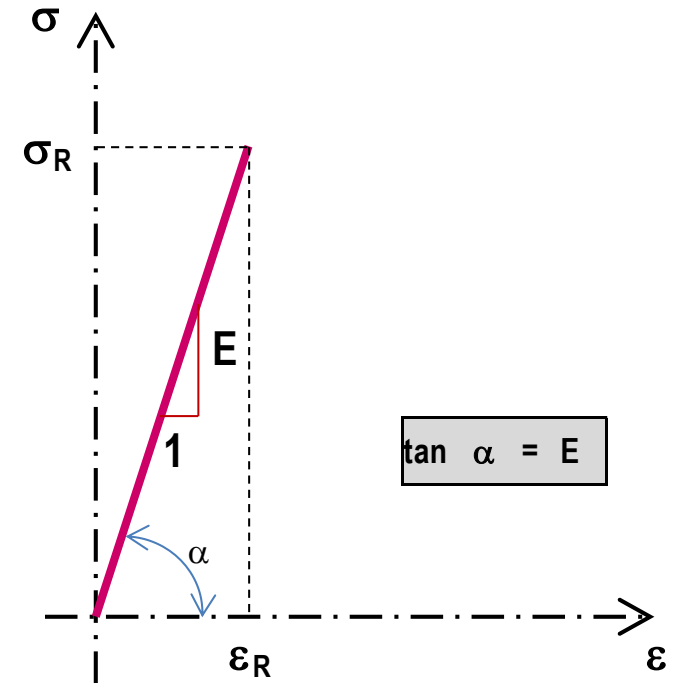
### 03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN $\sigma$ - $\epsilon$

### 04 – REPASO - RESUMENES

### 05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA



**DIAGRAMA IDEAL PARA UN MATERIAL DÚCTIL**



**DIAGRAMA IDEAL PARA UN MATERIAL FRÁGIL**

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

### 04 – REPASO - RESUMENES:

<p>Muchos materiales de ingeniería exhiben en un inicio un comportamiento elástico lineal, según el cual el esfuerzo es proporcional a la deformación, definido por la ley de Hooke, <math>\sigma = E\epsilon</math>. Aquí <math>E</math>, llamado módulo de elasticidad, es la pendiente de esta línea recta en el diagrama de esfuerzo-deformación.</p>	$\sigma = E\epsilon$	
<p>Los materiales dúctiles, como la mayoría de los metales, muestran un comportamiento tanto elástico como plástico. La madera es moderadamente dúctil. Por lo general, la ductilidad se especifica mediante la elongación permanente hasta la ruptura o por la reducción porcentual en el área de la sección transversal.</p>	<p>Porcentaje de elongación = <math>\frac{L_f - L_0}{L_0} (100\%)</math></p> <p>Porcentaje de reducción de área = <math>\frac{A_0 - A_f}{A_0} (100\%)</math></p>	

## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

### 01 – INTRODUCCIÓN

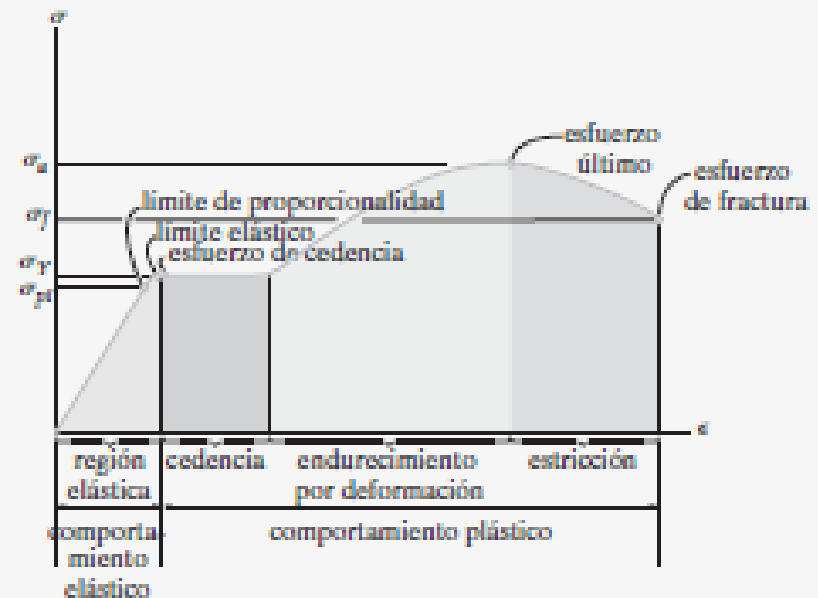
### 02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

### 03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN $\sigma$ - $\epsilon$

### 04 – REPASO - RESUMENES

### 05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

Cuando el material se estira más allá del punto de cedencia, ocurre una deformación permanente. En particular, el acero tiene una región de cedencia, donde el material exhibe un aumento en la deformación sin incremento del esfuerzo. La región de endurecimiento por deformación ocasiona que, para continuar haciendo ceder al material, se requiera un aumento correspondiente en el esfuerzo. Finalmente, en el esfuerzo último, una región localizada en la probeta comenzará a adelgazarse, formando un cuello. Después de esto se produce la fractura.



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1º Parte

01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

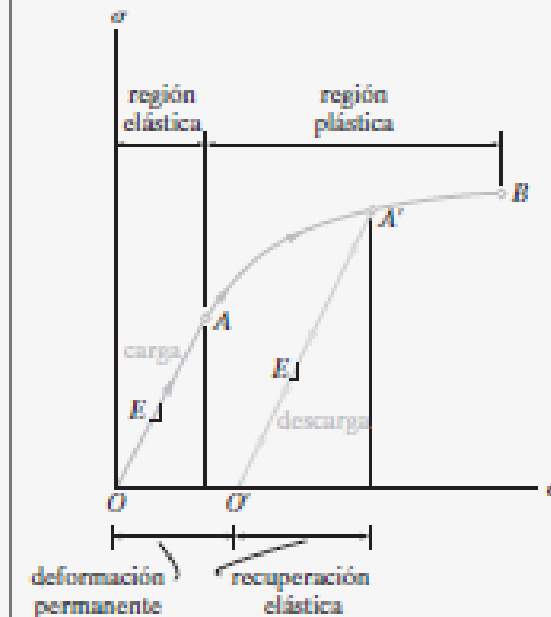
04 – REPASO - RESUMENES

05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

Los materiales frágiles presentan poca o ninguna cedencia antes de la falla. El hierro fundido, el concreto y el vidrio son ejemplos típicos.



El punto de cedencia de un material en  $A$  puede incrementarse mediante el endurecimiento por deformación. Esto se logra al aplicar una carga que ocasione un esfuerzo mayor que el esfuerzo de cedencia, para después retirar la carga. El máximo esfuerzo  $A'$  se convierte en el nuevo punto de cedencia para el material.





## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD - 1° Parte

01 – INTRODUCCIÓN

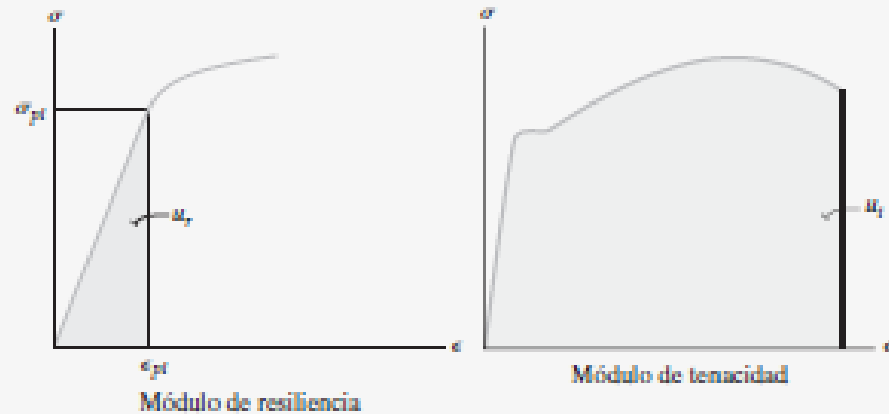
02 – EQUIPOS DE ENSAYO – PROBETAS - RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS TENSIÓN-DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO - RESUMENES

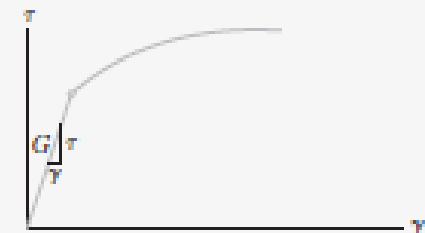
05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA

Quando se aplica una carga a un elemento, las deformaciones causan que la energía de deformación se almacene en el material. La energía de deformación por unidad de volumen o densidad de la energía de deformación es equivalente al área bajo la curva de esfuerzo-deformación. Esta área hasta el punto de cedencia se llama módulo de resiliencia. Toda el área bajo el diagrama de esfuerzo-deformación se denomina módulo de tenacidad.



Los diagramas de esfuerzo cortante contra deformación cortante también pueden establecerse para un material. Dentro de la región elástica,  $\tau = G\gamma$ , donde  $G$  es el módulo de cortante, que se encuentra a partir de la pendiente de la línea. El valor de  $\nu$  se puede obtener de la relación que existe entre  $G$ ,  $E$  y  $\nu$ .

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$





## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD – 1° Parte

01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE  
ENSAYO – PROBETAS -  
RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS  
TENSIÓN-  
DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO -  
RESUMENES

05 – LECTURA  
RECOMENDADA -  
BIBLIOGRAFÍA

### 05 – LECTURA RECOMENDADA - BIBLIOGRAFÍA:

- Estabilidad II - Enrique D. FLIESS – Ed. Kapelusz
  - Cap.: 7° - Art.: 7.1 – 7.2 – 7.3 – 7.6 – 7.7 – 7.8
- Mecánica de Materiales - Ferdinand P. BEER – E. Russell JOHNSTON, Jr – John T. DEWOLF - David F. MAZUREK – Ed. McGraw-Hill
  - Cap.: 2° - Art.: 2.3 a 2.7
- Mecánica de Materiales - Russell C. HIBBELER - Pearson – Ed. Prentice Hall
  - Cap.: 3° - Completo
- Mecánica de Sólidos - Egor P. POPOV – Ed. Pearson Educación
- Resistencia de Materiales - V. I. FEODOSIEV – Ed. MIR



## INTRODUCCIÓN A ESTABILIDAD II – RTyD – 1° Parte

01 – INTRODUCCIÓN

02 – EQUIPOS DE  
ENSAYO – PROBETAS -  
RESULTADOS

03 – DIAGRAMAS  
TENSIÓN-  
DEFORMACIÓN  $\sigma$ - $\epsilon$

04 – REPASO -  
RESUMENES

05 – LECTURA  
RECOMENDADA -  
BIBLIOGRAFÍA

# MUCHAS GRACIAS

# POR SU AMABLE ATENCIÓN