

# MECÁNICA DE SÓLIDOS

Curso 2017/18

**Titulación:**

Grado en Ingeniería Mecánica

**Profesores:**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# MECÁNICA DE SÓLIDOS

Curso 2016/17

## Tabla de Contenidos de la Asignatura

**Tema 1 Comportamiento Mecánico de los Materiales**

**Tema 2 Las Ecuaciones de la Mecánica de Sólidos**

**Tema 3 Plasticidad**

**Tema 4 Viscoelasticidad**

**Tema 5 Viscoelasticidad**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# MECÁNICA DE SÓLIDOS

Curso 2017/18

## Tema 1 – Comportamiento Mecánico de los Materiales

### Contenidos del Tema

- 1.1 Mecanismos Físicos de Deformación y Fractura
- 1.2 Caracterización Mecánica de Materiales

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Contenidos de este apartado

- El ensayo de tracción
- Deformación elástica
- Deformación plástica
- Límite de elasticidad
- Endurecimiento por deformación
- Rotura dúctil
- Rotura frágil
- Fatiga
- Comportamiento viscoelástico
- Comportamiento viscoplástico

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

## El ensayo de tracción uni-axial

### 4. Tensión de Rotura:

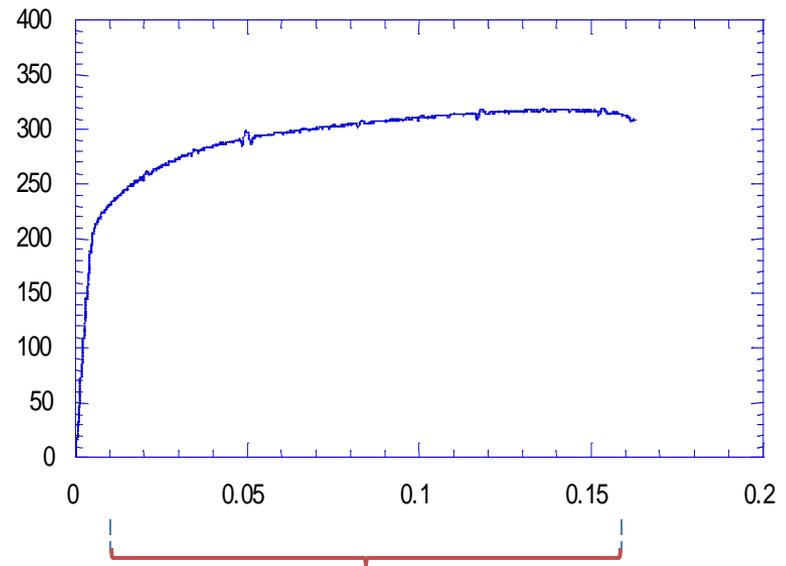
- A veces se conoce como **Resistencia Mecánica** o **Tensión Última**.
- Corresponde al **valor máximo de tensión** alcanzado en la curva de **tensión ingenieril**.

### 2. Límite Elástico:

- A veces se conoce como **Límite de Proporcionalidad**, **Tensión de Fluencia** o **Tensión de Plastificación**.
- Corresponde al **valor de tensión  $\sigma_0$** , bajo el cual, la deformación es elástica.
- Si la sollicitación mecánica continua una vez alcanzado este valor, entonces la relación entre  $\sigma$  y  $\epsilon$  deja, en general, de ser lineal
- En el ejemplo de la figura,  $\sigma_0 \approx 200$  MPa.

### 1. Región de Deformación Elástica:

- La deformación **desaparece** si cesa la sollicitación



### 3. Región de Deformación Elasto-Plástica:

- La deformación **NO desaparece** si cesa la sollicitación mecánica (el sólido **NO** recupera su forma inicial). Hay **deformación plástica** y **elástica**, aunque la **plástica** crece con **más rapidez**.
- En la mayoría de los materiales, la relación entre  $\sigma$  y  $\epsilon$  es **NO-lineal** en esta región.

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- En el ejemplo de la figura, el material **endurece** para

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Deformación elástica

- En metales, la **deformación elástica** que es observable durante la sollicitación mecánica de un sólido, resulta en **variaciones de los espacios interatómicos** en la estructura íntima de la materia.
- Estas variaciones resultan, a su vez, en **variaciones** en las **fuerzas interatómicas** que son necesarias para equilibrar las fuerzas externas y que, por otra parte, tienen la naturaleza de una “fuerza restauradora”.
- La deformación elástica es esencialmente **reversible**, es decir, que **desaparece** al cesar la **solicitación mecánica**, con lo cual, salvo que existan otras restricciones de movimiento, el sólido **recupera su forma inicial**.
- Observadas a una escala “más lejana”, la variación en estas fuerzas interatómicas se manifiesta en la forma de una **tensión** asociada a la **deformación elástica**.
- Si las variaciones en los espacios interatómicos **son pequeñas**, las **variaciones** en las **fuerzas interatómicas** pueden aproximarse linealmente. El resultado es que, a una escala “más lejana” la tensión y la deformación elástica se relacionan de un modo **aproximadamente**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

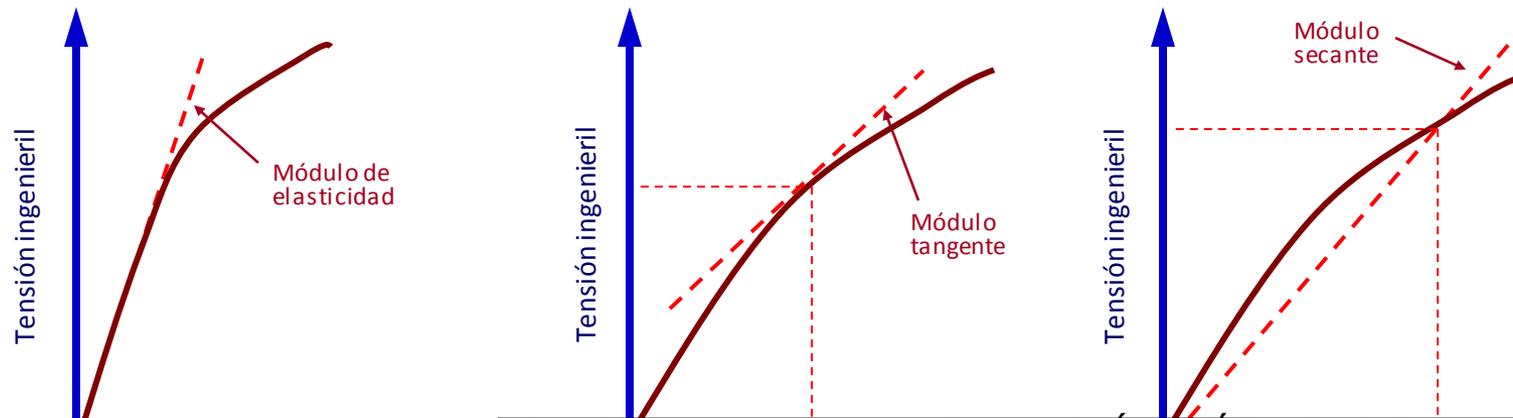
## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### El Módulo de Elasticidad (o módulo de Young)

- La mayoría de los metales de uso ingenieril, la **tensión** y la **deformación elástica** son **proporcionales** entre sí.
- En estos materiales, en los que generalmente la **deformación** es **muy pequeña** comparada con la **unidad**, el comportamiento mecánico se describe mediante la **Ley de Hooke**, que en el caso uni-axial se escribe como:

$$\sigma = E\varepsilon$$

- El **Módulo de Elasticidad** o módulo de **Young** es la **constante de proporcionalidad** en la Ley de Hooke.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Deformación plástica

- La plasticidad se caracteriza por la aparición de **deformaciones permanentes** (o deformaciones **plásticas**):

*no se recuperan cuando cesa la carga.*

- Estas deformaciones corresponden a desplazamientos relativos entre átomos, desplazamientos que **son estables** al cesar la sollicitación.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

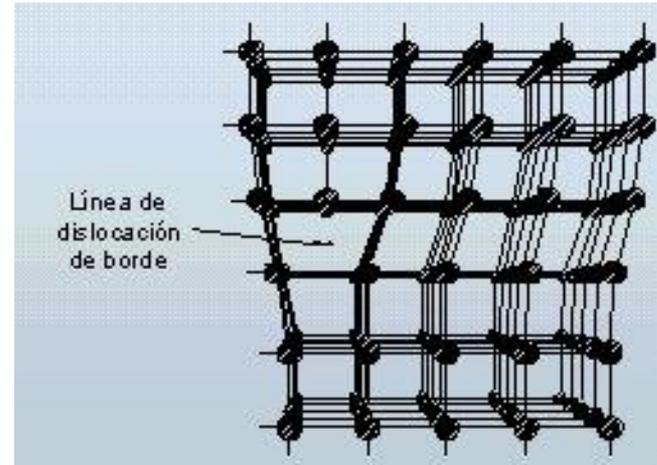
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Deformación plástica en metales

- El origen de las deformaciones plásticas es la presencia y, particularmente, el **movimiento de dislocaciones** en la red cristalina.
- Una dislocación es un defecto en torno a algunos átomos desalineados
- La presencia de dislocaciones reduce la estabilidad de la red cristalina
- La **movilidad de las dislocaciones** es la **causa principal** de las deformaciones permanentes.



Cartagena99

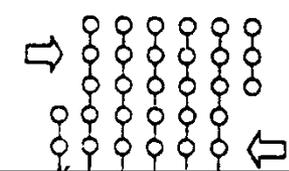
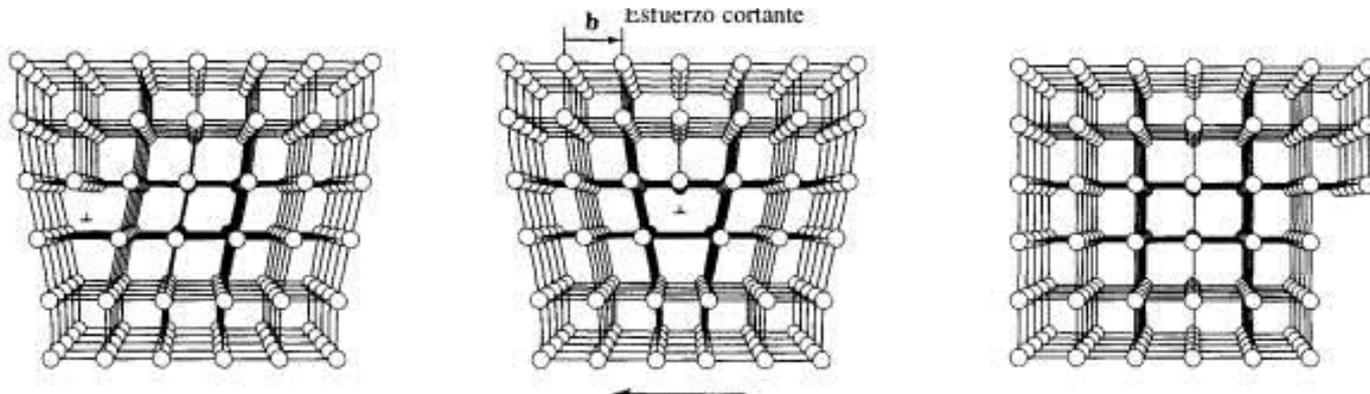
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

macroscópico es homogénea.

# 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

## Deformación plástica en metales



Callister, 1995

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

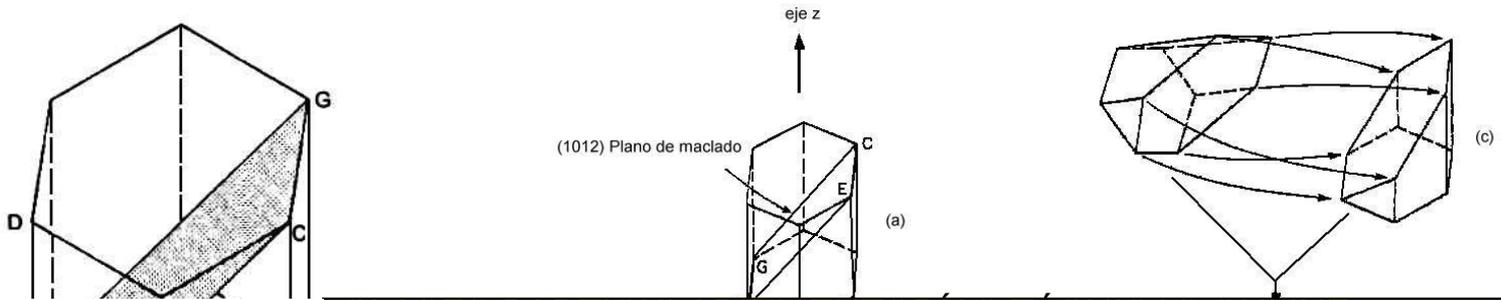
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Deformación plástica en metales

- Además del mecanismo de **deslizamiento de dislocaciones**, la deformación plástica puede producirse, en algunos materiales cristalinos, por **maclado** (formación de maclas)
- Una fuerza de **cizalladura** puede producir desplazamientos atómicos de tal manera que a un lado de un plano los átomos se coloquen como si fueran **imágenes especulares** de los átomos del otro lado.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Deformación plástica en metales

**Observación:** Deformación plástica y el Estado tenso-deformacional

- Se ha mencionado que tanto el fenómeno de “**deslizamiento de dislocaciones**”, como el de “**formación de maclas**”, son causados por una **solicitud de cortadura**.
- Como generalización, en el caso 3D se dice que tanto el “**deslizamiento de dislocaciones**”, como la “**formación de maclas**” están **causadas** por la **componente desviadora,  $s$** , del **tensor de tensiones  $\sigma$** .

$$\sigma = \sigma^h + s$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ & \sigma_y & \tau_{yz} \\ sim & & \sigma_z \end{bmatrix} = \bar{\sigma} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ & 1 & 0 \\ sim & & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s_x & s_{xy} & s_{xz} \\ & s_y & s_{yz} \\ sim & & s_z \end{bmatrix}$$

- Por tanto, solamente la **tensión desviadora** es capaz de producir **deformación plástica**.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

sólido, sólo hay cambios en su **FORMA**.

# 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

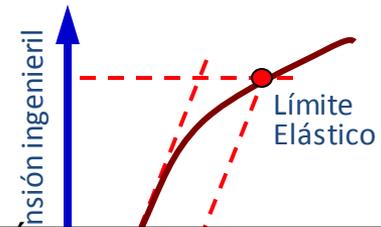
## El Límite Elástico

- Es el valor de la **tensión verdadera**  $\sigma_0$ , correspondiente a un **estado deformacional** en el que se producen los primeros movimientos irreversibles de dislocaciones.

**Criterio de Plastificación** para una sollicitación mecánica de tipo uni-axial:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Comportamiento elástico:} \quad \sigma < \sigma_0 \\ \text{Comportamiento elasto-plástico:} \quad \sigma > \sigma_0 \end{array} \right.$$

- A veces no se observa límite claro y preciso de transición entre la región elástica y la elasto-plástica, por lo que es difícil definir con propiedad el límite elástico.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

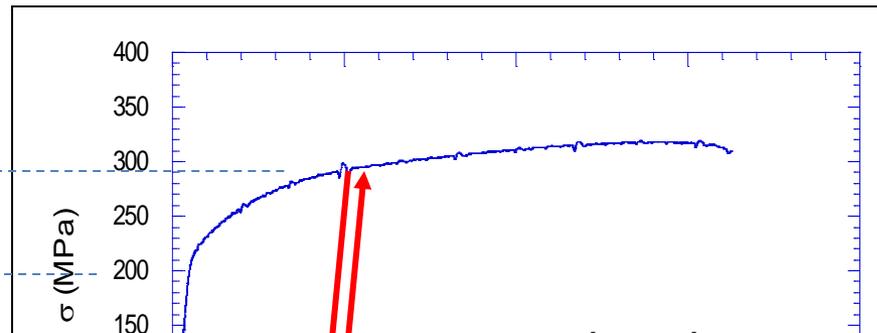
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Endurecimiento por Deformación

- Se denomina “**endurecimiento por deformación plástica**” al fenómeno por el cual un material dúctil se hace más “**resistente**” a medida que se deforma plásticamente.
- En el caso de una **solicitud uni-axial**, el endurecimiento se manifiesta como un **crecimiento** de la curva  $\sigma$ – $\epsilon$  con la deformación plástica.
- El término “**endurecimiento**” proviene del hecho de que el material “**cambia**” cuando experimenta deformación plástica, cambio que se interpreta como un progresivo “**incremento**” en el **Límite Elástico** a medida que se incrementa la solicitud mecánica.



Límite elástico final

Límite elástico inicial

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Endurecimiento por Deformación

#### Fenomenología del endurecimiento, en el caso de metales dúctiles:

- En estos materiales, la capacidad para deformarse plásticamente depende de la capacidad de las dislocaciones para moverse
- Al aumentar la deformación plástica aumenta la densidad de dislocaciones presentes en el metal aumentando, en consecuencia, las interacciones entre estas.
- El movimiento de cada dislocación es limitado por la presencia de otras cercanas por lo que disminuye la capacidad del metal de deformarse plásticamente
- En consecuencia, la tensión necesaria para deformar el metal aumenta con la deformación plástica

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Endurecimiento por Deformación

#### Observación 1:

- Otros materiales no cristalinos (por ejemplo, ciertos polímeros vítreos) también pueden presentar deformación plástica y endurecimiento.
- En estos casos, el mecanismo físico que explica la deformación plástica y el endurecimiento **es distinto** que en metales, sin embargo **la manifestación macroscópica es la misma**:
  - + la **deformación plástica** se observa como un **cambio permanente** en la **forma** del sólido.
  - + el **endurecimiento por deformación** se observa como un **incremento** progresivo en el **Límite Elástico** del material.

#### Observación 2:

- Algunos materiales pueden experimentar “**ablandamiento**”, además de “**endurecimiento**” por deformación.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

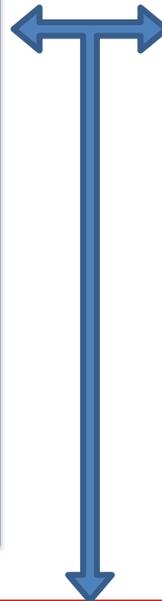
endurecimiento y ablandamiento

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Influencia del tiempo: (1) visco elasticidad

#### Material elástico:

- Almacena energía mecánica sin disiparla.
- Si se aplica una carga en forma instantánea, el sólido se deforma instantáneamente.
- En este caso, el estado tenso-deformacional permanece constante hasta que desaparezca la carga.
- El estado tensional es de tipo “restaurador”: si la carga cesa, la forma se recupera.
- La tensión  $\sigma$  depende de la deformación  $\epsilon$ .



#### Fluido viscoso:

- Sometidos a un estado tensional no hidrostático, disipan energía, sin posibilidad alguna de almacenamiento.
- Ante un estado tensional tangencial, el fluido fluye de manera estacionaria.
- El estado tensional no es de tipo “restaurador”: si cesa las tensiones, las partículas fluidas no regresan a su posición inicial.
- La tensión  $\sigma$  depende de la velocidad de deformación  $\dot{\epsilon}$ .

#### Material viscoelástico:

- Puede considerarse que tiene un comportamiento “intermedio” entre sólido elástico y fluido viscoso.
- Si se aplica una carga en forma instantánea, sufre una

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

posiciones de equilibrio, las propiedades **visco-elásticas** están asociadas a efectos de **difusión**

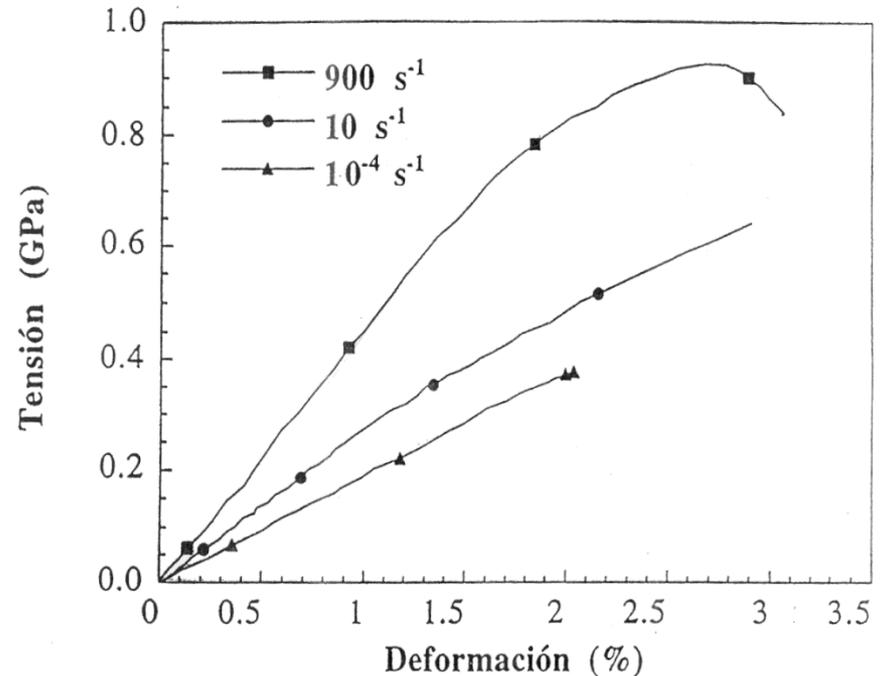
de átomos o moléculas en el seno del material

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Influencia del tiempo: (2) visco plasticidad

Algunos materiales muestran que tanto su **Límite elástico** inicial como toda su **curva  $\sigma - \epsilon$**  dependen de la **velocidad de deformación** de forma tal que la tensión aumenta con la velocidad de deformación para un valor dado de la deformación.

En este caso, la descripción de la relación **tensión-deformación** en el material requiere de **diferentes curvas**, una por **cada velocidad de deformación**.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

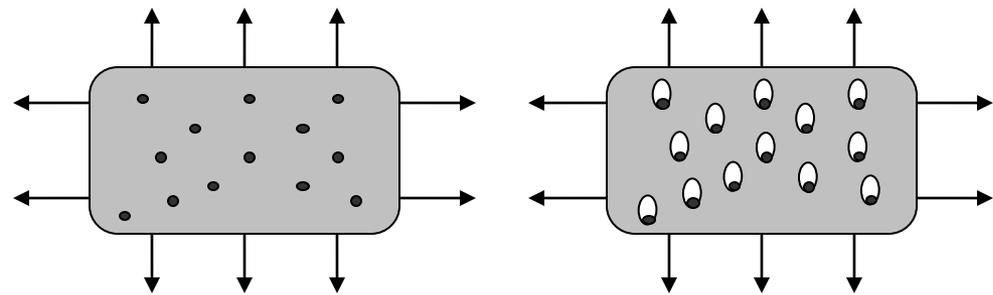
# 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

## Rotura dúctil en materiales metálicos

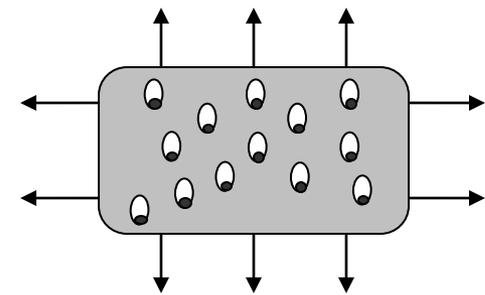
Es el resultado de la inestabilidad de grandes deformaciones plásticas localizadas en la cercanía de defectos microestructurales:

- inclusiones
- precipitados
- agrupamientos de dislocaciones

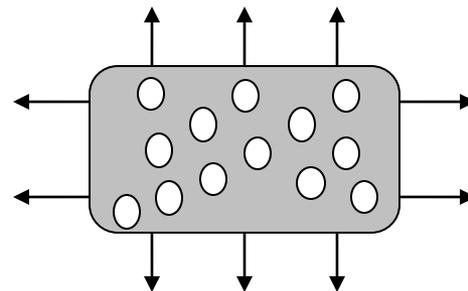
La energía consumida en el proceso de deformación es mucho mayor que en la rotura dúctil.



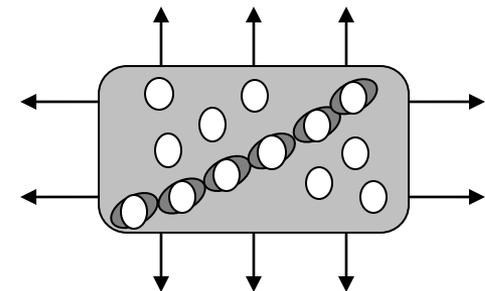
(1) INCLUSIONES EN UNA MATRIZ DÚCTIL



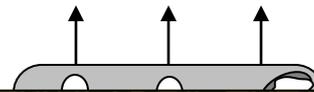
(2) NUCLEACIÓN DE HUECOS



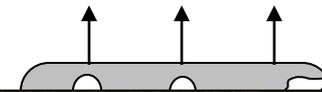
(3) CRECIMIENTO DE HUECOS



(4) CONCENTRACIÓN DE DEFORMACIONES ALREDEDOR DE LOS HUECOS



(5) FORMACIÓN DE CUELLOS ENTRE...



(6) COALESCENCIA DE HUECOS Y FRACTURA FINAL

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

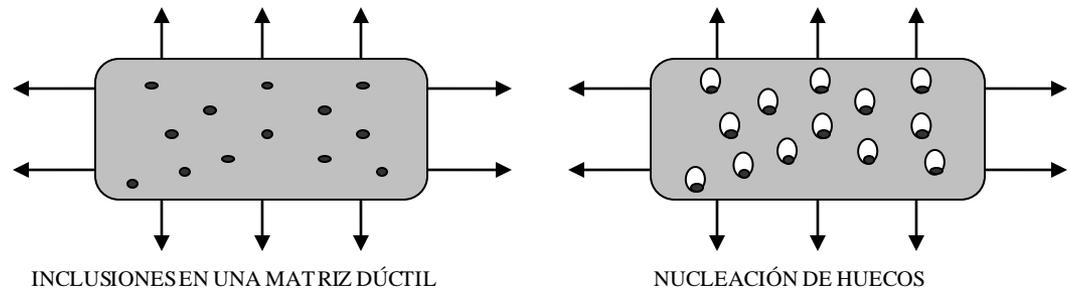
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Rotura dúctil en materiales metálicos

#### a) Nucleación de microvacíos



#### Características del proceso:

- Ocurre en torno a inclusiones no metálicas o partículas de segundas fases presentes en el seno del material

Cartagena99

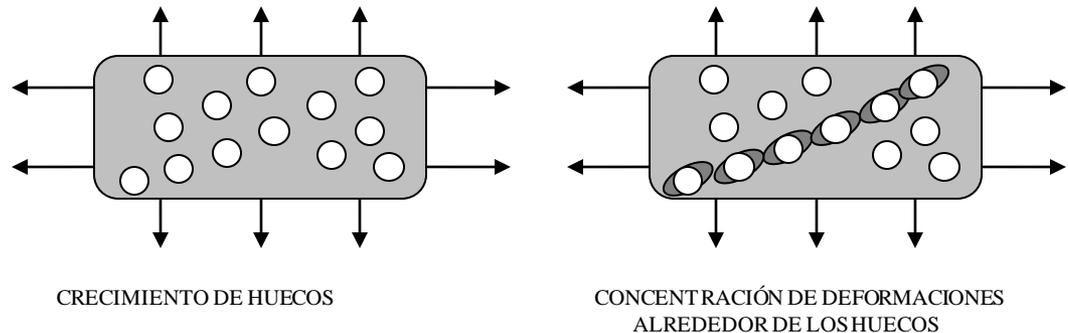
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Rotura dúctil en materiales metálicos

#### b) Crecimiento de microvacíos



#### Características del proceso:

- Es la fase del proceso en la que se consume mayor cantidad de energía

Cartagena99

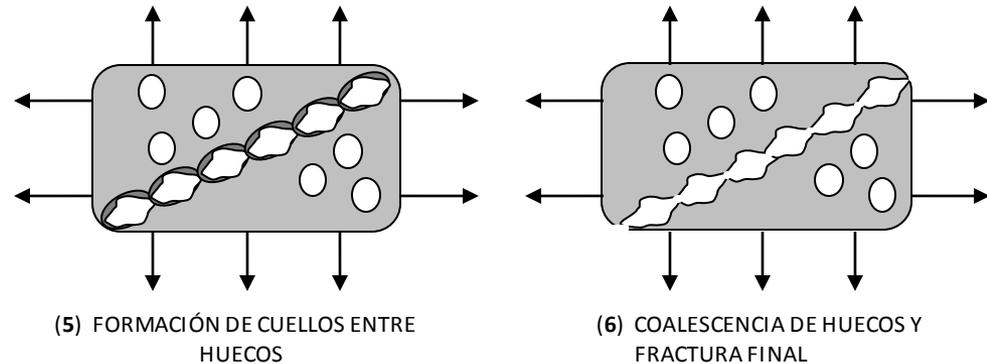
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Rotura dúctil en materiales metálicos

#### c) Coalescencia de microvacíos



#### Características del proceso:

- Estricción de la parte de matriz entre huecos.
- Formación de huecos secundarios.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Rotura frágil en materiales metálicos

Si la energía de deformación local (debida a las sollicitaciones exteriores) es igual a la energía necesaria para producir la decohesión atómica, se produce la rotura de las uniones interatómicas **sin deformación plástica** global apreciable.

Los defectos de la red cristalina o los accidentes geométricos, que dan lugar siempre a concentraciones locales de tensión, juegan un papel esencial en el proceso de rotura frágil.

La temperatura también es importante: algunos materiales presentan una “temperatura de transición”, bajo la cual la ductilidad es limitada y el tipo de fractura que presentan es frágil.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

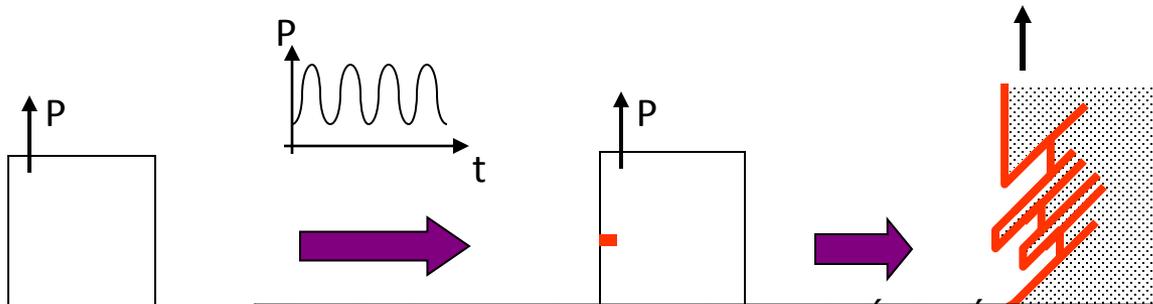
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Comportamiento en Fatiga

- La aplicación de **Cargas Cíclicas** pueden dar origen a un proceso de iniciación y propagación de una fisura en el seno de un sólido.
- Este fenómeno puede ocurrir incluso si las tensiones asociadas a dichas cargas cíclicas son **pequeñas**, en comparación con el **límite elástico** del material.

#### 1. Fase de iniciación:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

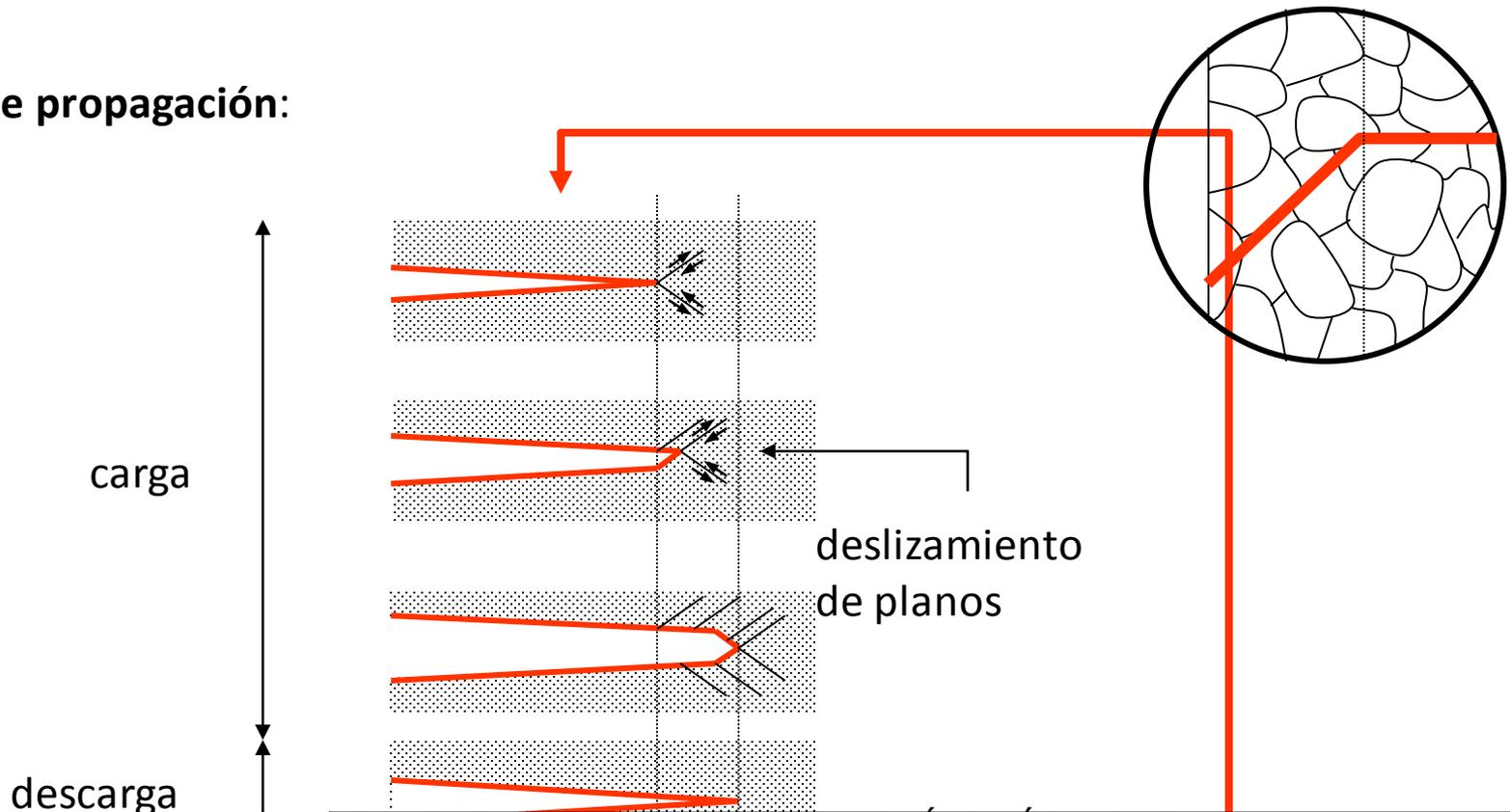
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

## Comportamiento en Fatiga

### 2. Fase de propagación:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 1.1 MECANISMOS FÍSICOS DE DEFORMACIÓN Y FRACTURA

### Modelo de Comportamiento del Material vs. Uso de sus Resultados

- La **clasificación** de un material por su comportamiento mecánico **no debe** ser considerada como **intrínseca al material**.
- El comportamiento de un material dado **no puede** ser representado por un modelo esquemático sin tener en cuenta el uso que se va a hacer de sus resultados así como la precisión deseada en estos.

*Lemaitre.*

Por ejemplo, un acero a temperatura ambiente puede ser considerado:

- + **Elástico Lineal e Isótropo**, para un cálculo de esfuerzos y movimientos en una estructura.
- + **Viscoelástico**, en un problema de amortiguamiento de vibraciones
- + **Rígido Perfectamente Plástico**, para un cálculo de cargas límites

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- + **Deformable por fatiga**, para un cálculo de vida útil.

# MECÁNICA DE SÓLIDOS

Curso 2017/18

## Tema 1 – Comportamiento Mecánico de los Materiales

### Contenidos del Tema

- 1.1 Mecanismos Físicos de Deformación y Fractura
- 1.2 Caracterización Mecánica de Materiales

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

---

### ¿ Qué es caracterizar un material ?

Obtener **experimentalmente** los valores de los principales parámetros observables que describen sus **propiedades y comportamiento mecánico**, así como relaciones entre estos parámetros (tensión aplicada, deformación, velocidad de deformación, temperatura, etc.)

### ¿ Cómo se caracteriza un material ?

Los materiales se caracterizan, generalmente, mediante **ensayos estándar**, cuyas características y proceso de ejecución están fijados en **normas oficiales**.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Tipos de ensayos de caracterización:

Clasificación según la **velocidad de deformación** o la **duración** del ensayo

Tipo de ensayo	Rango de velocidades alcanzadas $\dot{\epsilon} \sim 1/s$	Duración aproximada del ensayo $t \sim s$
Ensayos de <b>fluencia</b> o de <b>relajación</b>	$10^{-8} < \dot{\epsilon} < 10^{-4}$	$10^2 < t < 10^6$
Ensayos <b>cuasi-estáticos</b>	$10^{-4} < \dot{\epsilon} < 10^{-2}$	$10^0 < t < 10^2$
Ensayos a velocidades <b>intermedias</b>	$10^{-2} < \dot{\epsilon} < 10^{-1}$	$10^{-2} < t < 10^0$
Ensayos a velocidades <b>altas</b>	$10^2 < \dot{\epsilon} < 10^4$	$10^{-6} < t < 10^{-2}$
Ensayos a velocidades <b>muy altas</b>	$10^4 < \dot{\epsilon}$	$t < 10^{-6}$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and white background with a subtle wave-like pattern.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

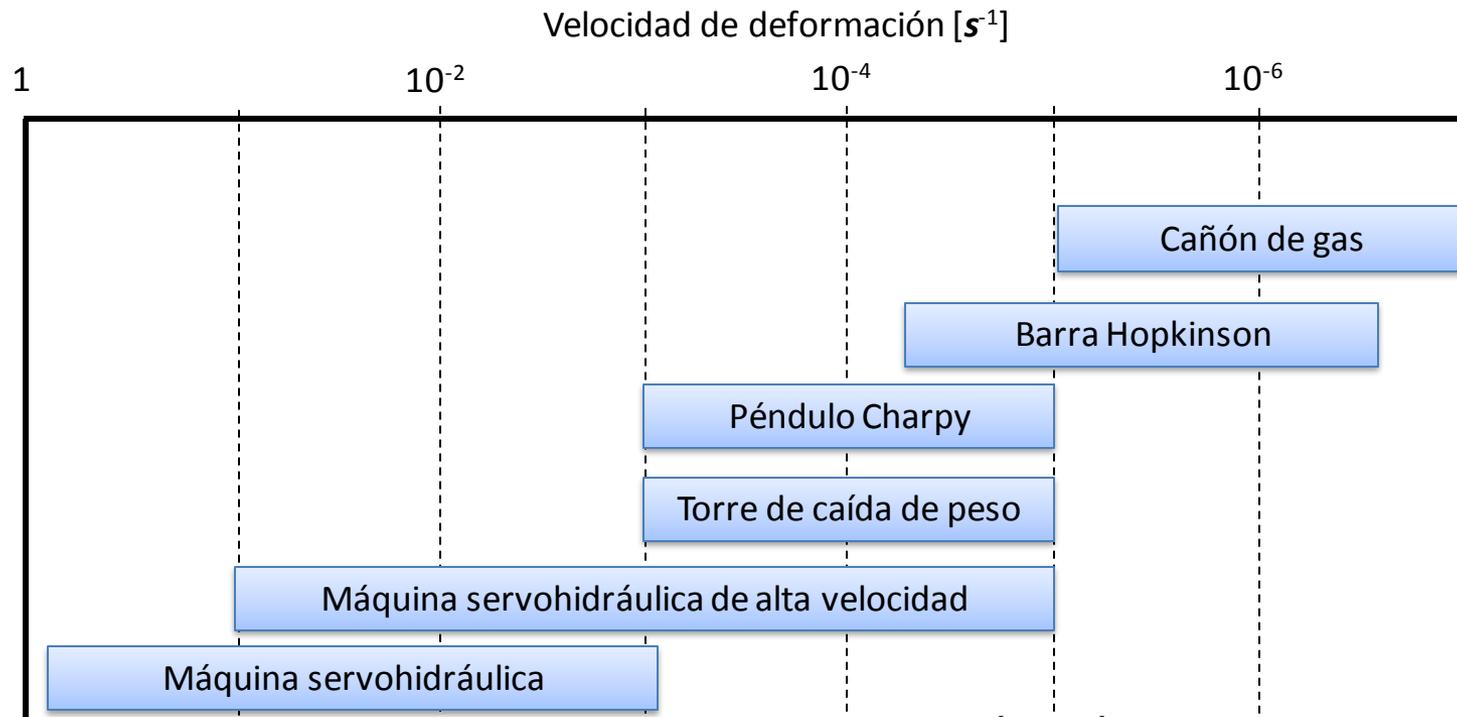
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Tipos de ensayos de caracterización:

Clasificación según la **maquinaria** empleada en los ensayos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

tiempo de duración del ensayo [ $s$ ]

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos cuasi-estáticos: (a) Ensayo de tracción o compresión simple.

Tracción Simple



Compresión Simple



- Consiste en someter una probeta a una **carga uniaxial** hasta llegar a su rotura.
- Proporciona información sobre el comportamiento de los materiales en régimen **elástico** y en régimen **elasto-plástico**.

#### Resultados que se obtienen:

- Módulo de elasticidad
- Límite elástico
- Resistencia máxima

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

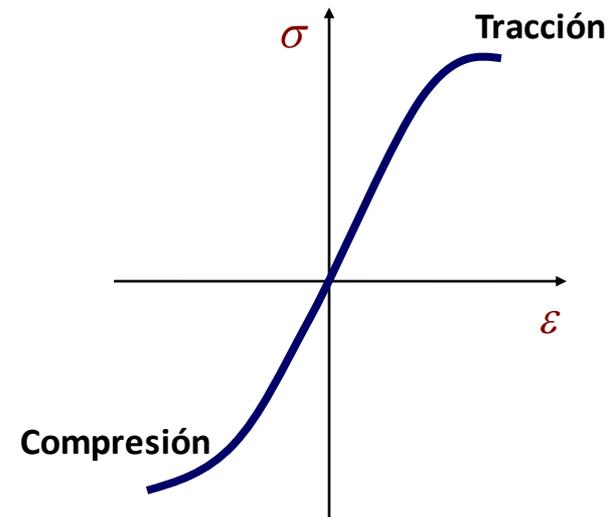
## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

Ensayos cuasi-estáticos: (a) Ensayo de tracción o compresión simple.

Tracción Simple



Compresión Simple



**Resultados que se obtienen:**

- Módulo de elasticidad
- Límite elástico
- Resistencia máxima

Cartagena99

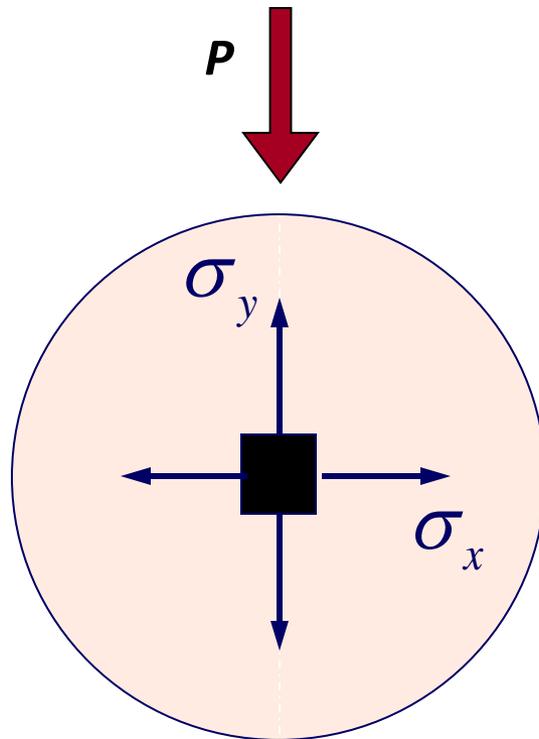
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos cuasi-estáticos: (b) Ensayo de compresión diametral.



#### Resultados que se obtienen:

- Módulo de elasticidad
- Límite elástico
- Resistencia máxima

Cartagena99

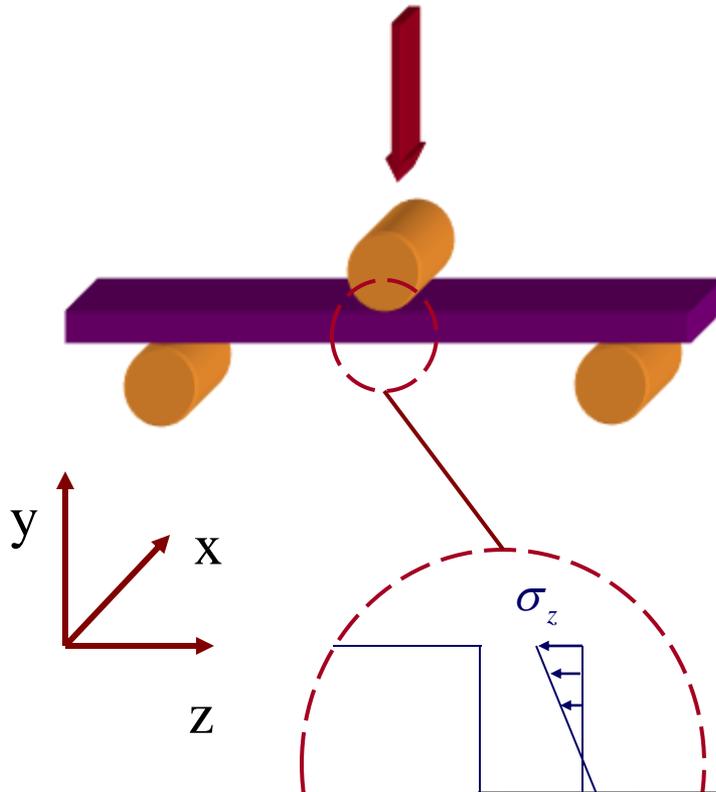
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos cuasi-estáticos: (c) Ensayo de flexión en tres puntos.



#### Resultados que se obtienen:

- Módulo de elasticidad
- Límite elástico
- Resistencia máxima

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos

#### Algunas dificultades asociadas a este tipo de ensayo:

- Necesidad de tener en cuenta efectos inerciales
- Mayor complejidad mecánica de los dispositivos
- Mayores niveles de ruido en la señal registrada
- Dificultad para interpretar los datos
- Ausencia de normativa universal

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

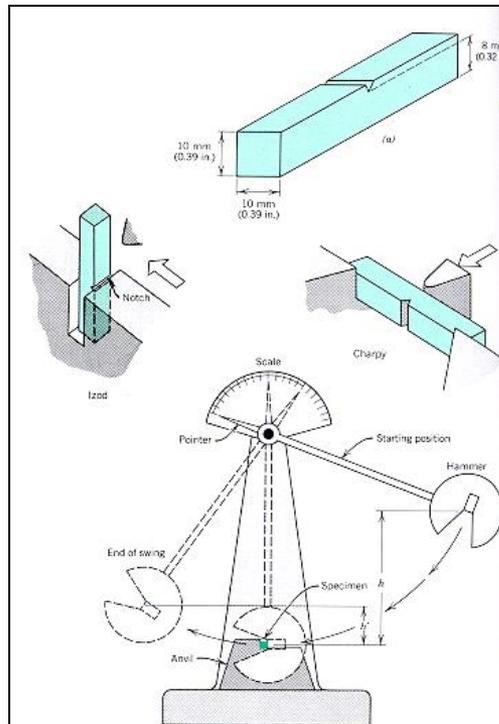
- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (α) El Péndulo Charpy

Se alcanzan velocidades de deformación  $\sim 400 \text{ s}^{-1}$



#### Resultados que se obtienen:

- Permite medir la **energía de fractura** en régimen dinámico.
- Comparando la energía potencial inicial y final, se puede estimar la **energía absorbida** en el proceso de deformación y fractura de la probeta.
- Permite comparar el desempeño de distintos materiales.
- Sin embargo, **no** proporciona un valor de

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

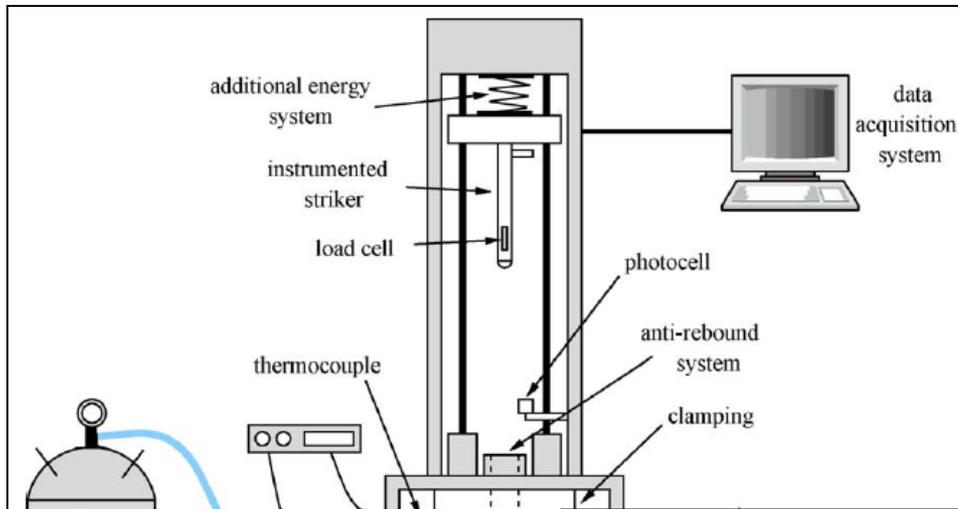
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

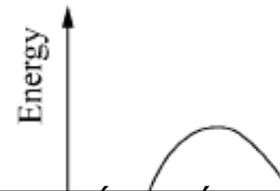
## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (b) Torre de caída de peso

- La masa se acelera por la acción de la gravedad
- Si el percutor está instrumentado, el desplazamiento se puede obtener por integración de la fuerza de contacto



**Resultado:**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

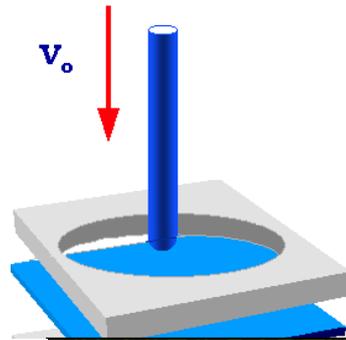
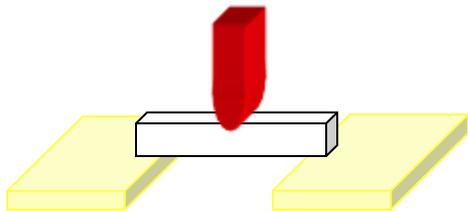
time

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (b) Torre de caída de peso

#### Configuraciones posibles:

- Configuración Charpy (flexión en 3 puntos, imagen superior izquierda)
- Configuración Izod (flexión, imagen inferior izquierda)
- Impacto sobre placa empotrada (imagen derecha)
- Entre otras



#### Resultados que se obtienen:

- Registro de curvas **Fuerza-tiempo** y **Desplazamiento-tiempo**.
- Resistencia dinámica en flexión.
- Energía absorbida hasta rotura.
- Extensión de la área dañada (en el caso de placas de material compuesto)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

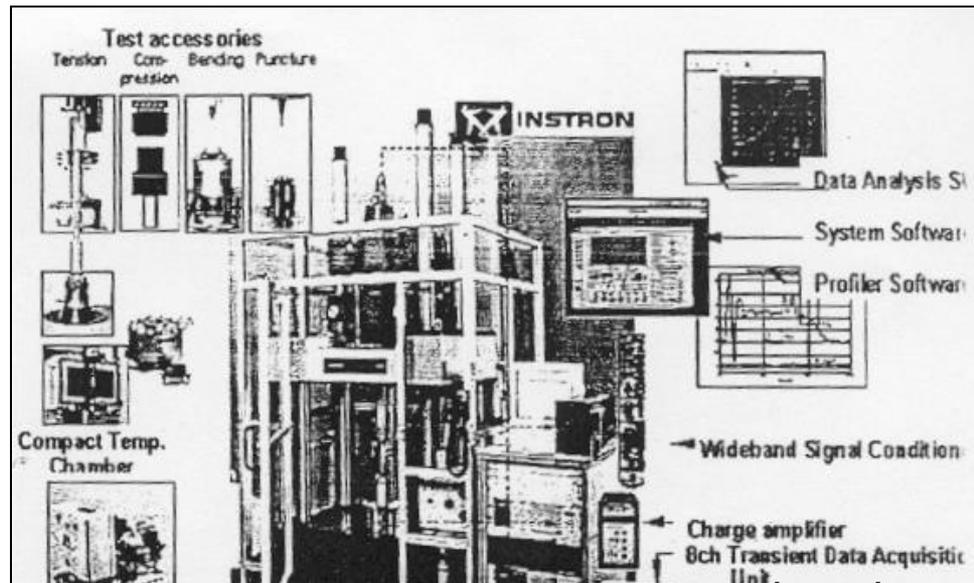
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (c) Máquina de tracción dinámica

- El pistón se acelera hasta 10-15 m/s.
- Se alcanzan velocidades de deformación  $\sim 400 \text{ s}^{-1}$



Cartagena99

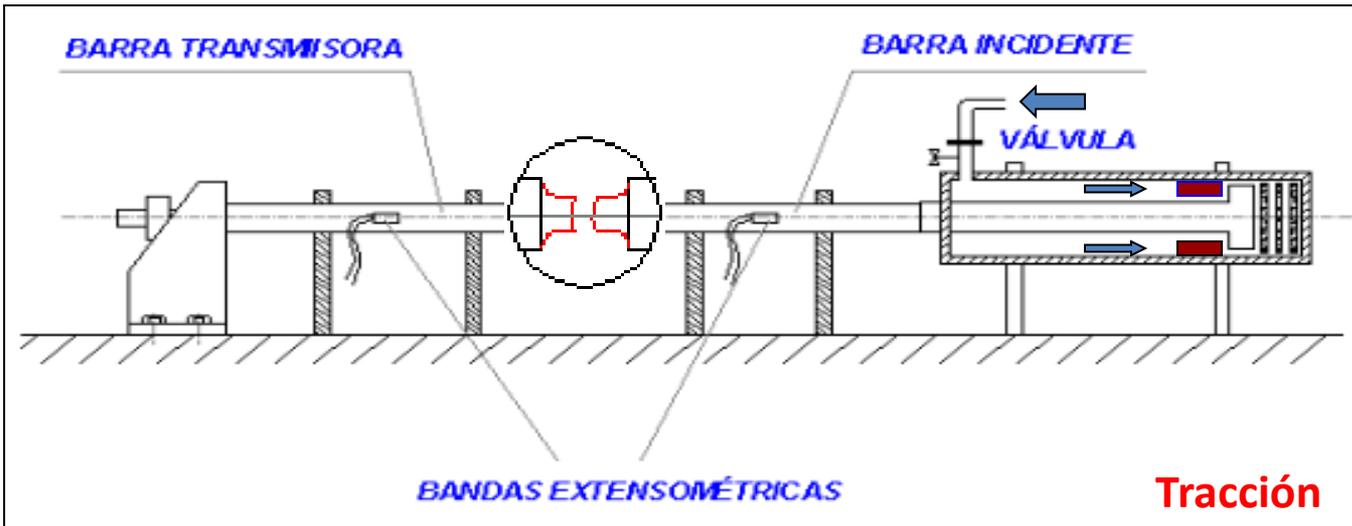
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

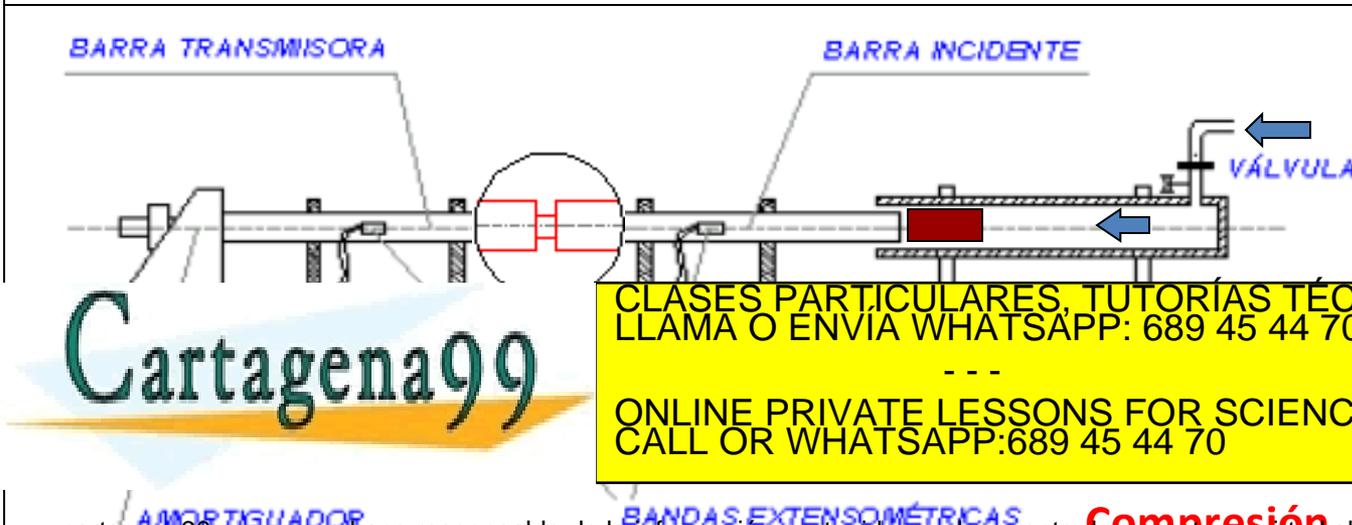
## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (d) La barra Hopkinson



Resultado que se obtienen:

- Relación **tensión-deformación** en régimen dinámico



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

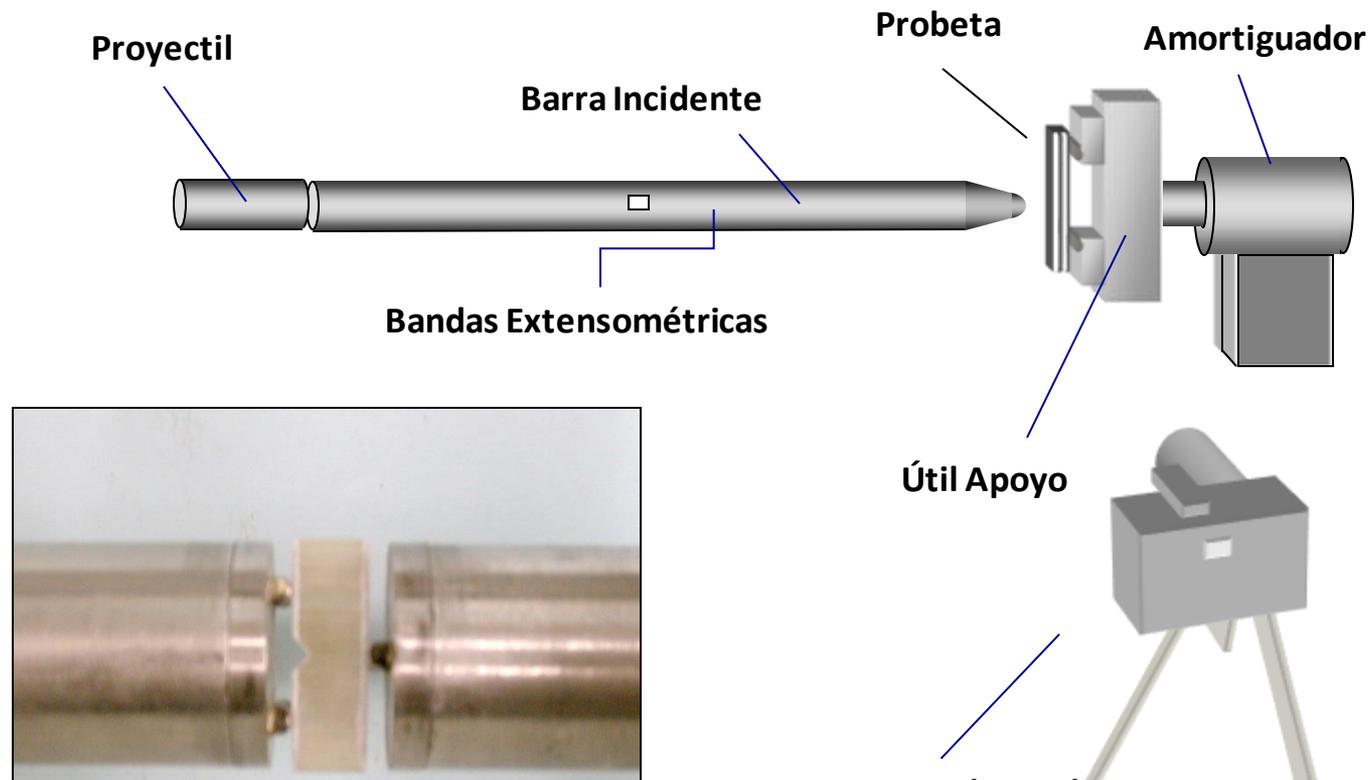
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (d) La barra Hopkinson



Cartagena99

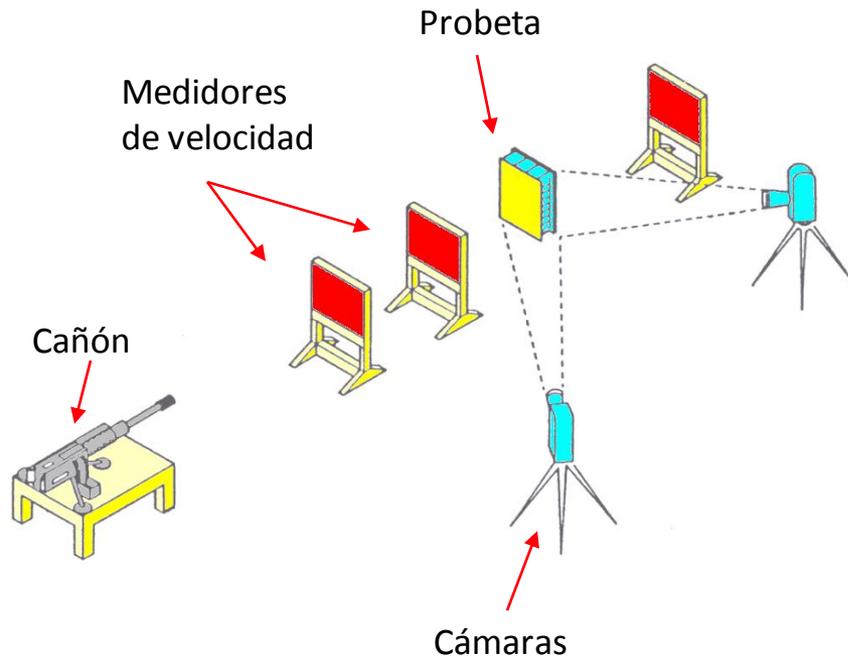
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (e) Ensayos balísticos en cañón de gas



#### Resultados que se obtienen:

- Límite balístico
- Extensión del área dañada
- Capacidad de absorción de energía.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS MATERIALES

### Ensayos dinámicos: (f) Ensayos de impacto

VELOCIDAD DE IMPACTO [m/s]	COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL
50	+ Fundamentalmente ELÁSTICO. + Inelasticidad LOCAL.
50 – 500	+ Fundamentalmente INELÁSTICO.
500 – 1000	+ VISCO-PLÁSTICO. + La Resistencia Mecánica todavía es relevante.
1000 – 3000	+ Comportamiento FLUIDO. + La densidad es el parámetro dominante.
3000 – 12000	+ Modelos HIDRODINÁMICOS + Cambio de fase.
> 12000	+ Evaporación



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70