

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

JORGE ALBERTO RAMIREZ DORANTES

ASESOR: M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

CD. UNIVERSITARIA

AGOSTO DE 1997

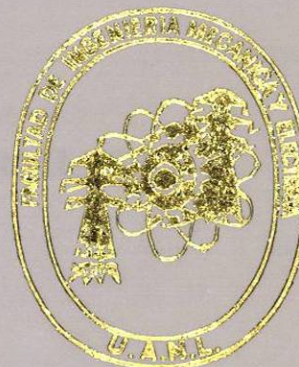


T  
TA410  
R35  
c.1



1080079845

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES

TESINA

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

JORGE ALBERTO RAMIREZ DORANTES

ASESOR: M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

CD. UNIVERSITARIA

AGOSTO DE 1997





**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**



**“ PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES ”**

**TESINA:**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION**

**PRESENTA:**

**JORGE ALBERTO RAMIREZ DORANTES**

**ASESOR:**

**M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL**

**CURSO-TESIS****PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES.**

<b>INDICE</b>	<b>PAGINA</b>
<b>1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES</b>	<b>2</b>
<b>2.- ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES :</b>	<b>5</b>
⇒ <b>METALES</b>	
⇒ <b>POLIMEROS</b>	
<b>3.- PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS MECANICAS BASICAS.</b>	<b>16</b>
<b>4.- MAQUINAS, ACCESORIOS, ADITAMENTOS E INSTRUMENTOS DE MEDICION.</b>	<b>30</b>
<b>5.- REALIZACION DE LOS ENSAYES ESTATICOS DE TENSION, COMPRESION, CORTE DIRECTO, FLEXION, DUREZA Y DUCTILIDAD.</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS:</b>	
<b>TABLAS ,GRAFICAS , MONGRAMAS, DE CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES.</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>51</b>



## **1.-CLASIFICACION DE LOS MATERIALES**

### **1.- FERROSOS:**

ACEROS :            ORDINARIOS  
                      ALEADOS

FUNDICIONES:    GRISES            NODULAR  
   FERRITICO  
   PERLITICO

BLANCAS:        H. MARTENSITICOS

ALEACIONES ESPECIALES

2.- NO-FERROSOS:    COBRE Y SUS ALEACIONES  
                              ALUMINIO Y SUS ALEACIONES  
                              NIQUEL,CROMO,ESTAÑO,ETC,

3.- ORGANICOS:        MADERA  
                              POLIMEROS  
                              ELASTOMEROS

4.- INORGANICOS:      FIBRAS COMPUESTAS  
                              CERAMICOS  
                              VIDRIOS  
                              MINERALES

## DIAGRAMA DE OBTENCION DEL HIERRO Y EL ACERO

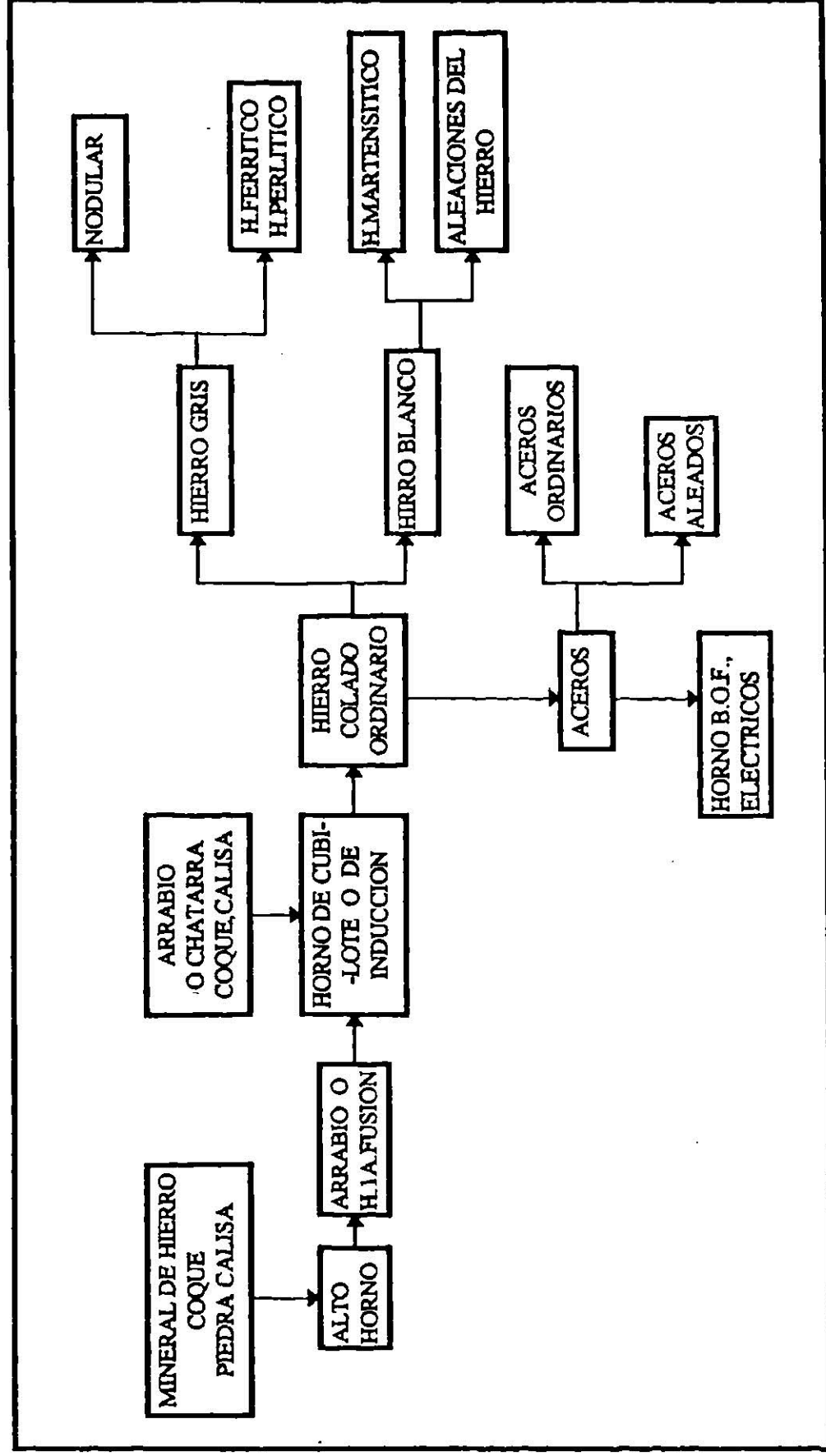


Fig. 1-1 Diagrama de obtención del hierro y acero

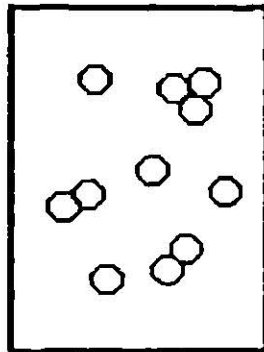


## MECANISMOS DE CRISTALIZACION EN LOS METALES

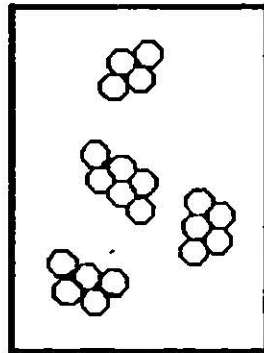
ES EL PROCESO DE TRANSFORMACION DE UN ESTADO LIQUIDO A UNO SOLIDO DESARROLLANSE LOS CRISTALES EN FORMA ORDENADA.

TEMP. ALTA

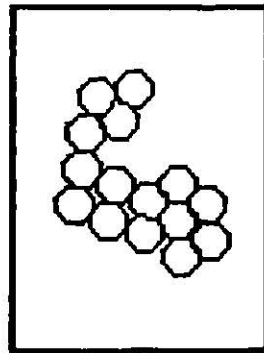
TEMP. NORMAL



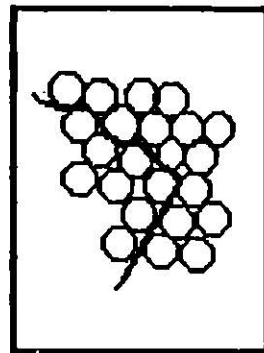
FORMACIÓN DE  
NÚCLEOS DE  
ÁTOMOS



FORMACIÓN DE  
NÚCLEOS DE  
DENDRITAS



CRECIMIENTO DE  
CRISTALES



FORMACIÓN DE  
LÍMITES DE  
GRANO

Fig. 1-2 Mecanismo de Cristalización

## 2.-ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES.

**PARA METALES :** SU ESTRUCTURA ESTÁ COMPUESTA POR AGRUPAMIENTO DE ATOMOS EN TRES DIMENSIONES.

**ESTADOS DE LA MATERIA EN LA OBTENCION DE UN METAL :**

- GASEOSOS
- LIQUIDOS
- SOLIDOS

**TIPOS DE ENLACES**

- IONICO
- METALICO
- COVALENTE
- VANDER-WALLS
- PUENTE DE HIDROGENO

**RED O ESTRUCTURA CRISTALINA :** AGRUPACION DE ATOMOS EN FORMA ORDENADA DENOMINADAS CELDILLAS ESPACIALES.

**CARACTERISTICAS DE LA RED :**

- ♦ SUS LONGITUDES
- ♦ SUS ANGULOS

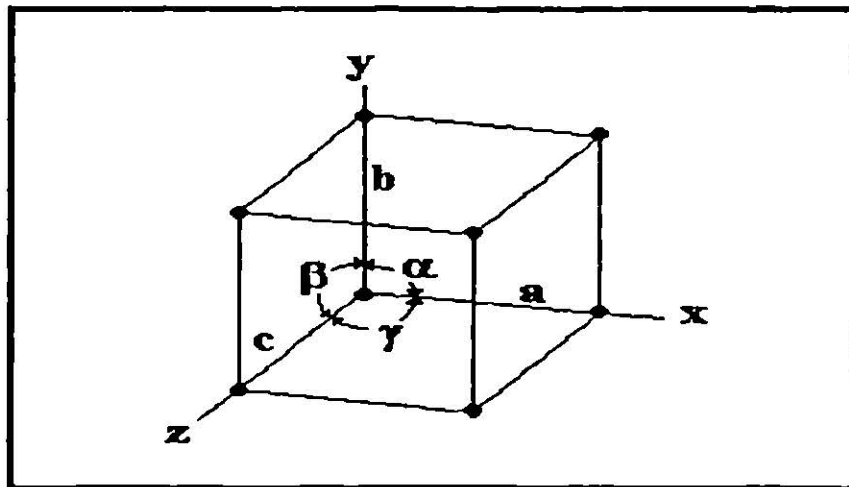


Fig. 2-1 Red Espacial.



**LOS SIETE SISTEMAS CRISTALINOS**

- 1.- **MONOCLINICO**
  - a) SIMPLE
  - b) DE EXTREMOS CENTRADOS
- 2.- **TRICLINICO**
  - c) SIMPLE
- 3.- **HEXAGONAL**
  - d) CON EXTREMOS CENTRADOS
- 4.- **ROMBOHEDRICO**
  - e) SIMPLE
- 5.- **ORTORROMBICO**
  - f) SIMPLE
  - g) CUERPO CENTRADO
  - h) EXTREMOS CENTRADOS
  - i) CARAS CENTRADAS
- 6.- **TETRAGONAL**
  - j) SIMPLE
  - k) CUERPO CENTRADO
- 7.- **CUBICO**
  - l) SIMPLE
  - m) CUERPOS CENTRADOS
  - n) CARAS CENTRADAS

**LOS SISTEMAS DE CRISTALIZACION MAS COMUNES SON :**

- ⇒ CUBICO \*
- ⇒ HEXAGONAL \*
- ⇒ TETRAGONAL
- ⇒ ORTORROMBICO
- ⇒ ROMBOEDRICO

\* EN METALES

**DEFECTOS O IMPERFECCIONES DEL CRISTAL**

- ⇒ VACANCIAS
- ⇒ INTERSTICIOS
- ⇒ DISLOCACIONES ( BORDE Y HELICOIDALES)

**POLIMORFISMO O ALOTROPIA:** ES CUANDO EL MATERIAL SE PRESENTA EN VARIAS FORMAS.

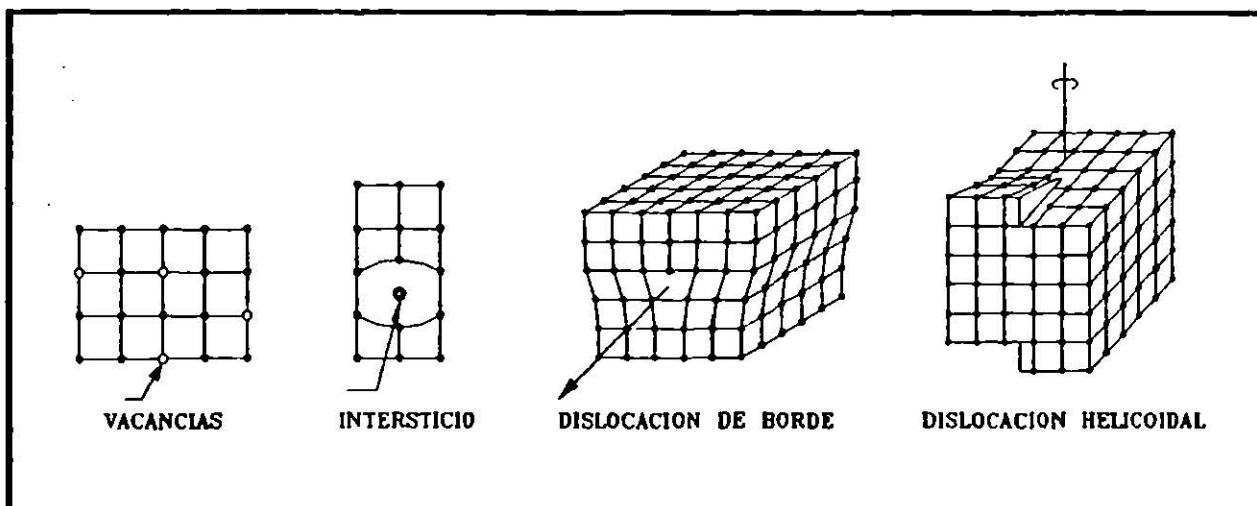


Fig. 2-2 Defecto o Imperfecciones del cristal



## REDES ESPACIALES O TIPOS DE ESTRUCTURAS CRISTALINAS

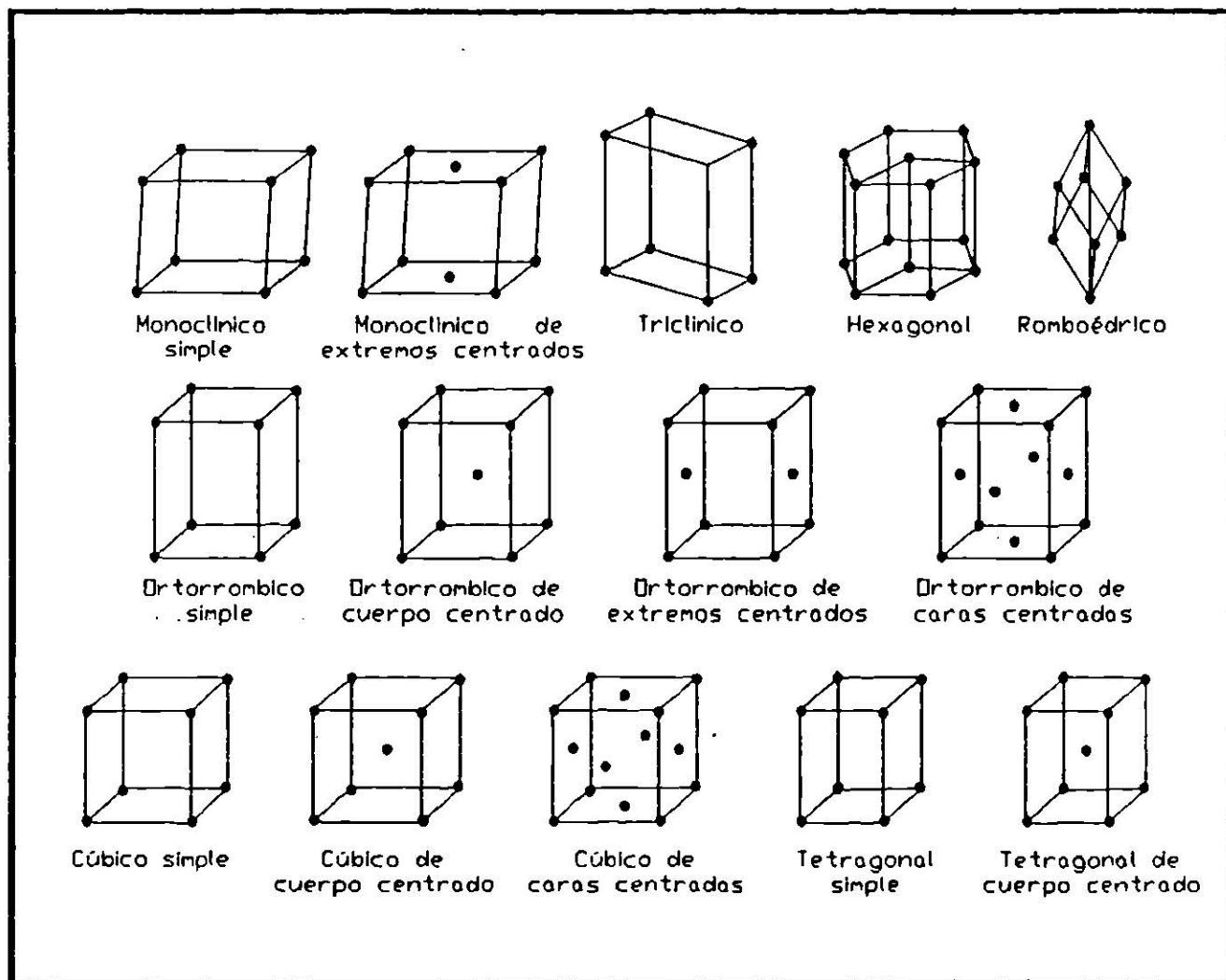


Fig. 2-3 Tipos de redes espaciales.

## ESTRUCTURA DE LOS POLIMEROS

SON MACROMOLECULAS ORGANICAS QUE A TRAVES DE UN ENLACE QUIMICO FORMAN EL MONOMERO (O UNIDAD MONOMERICA) EL CUAL SE REPETIRA MILLONES DE VECES EN CADENAS LINEALES O CRUZADAS PARA FINALMENTE CONSTITUIR UN POLIMERO

EJEMPLO :

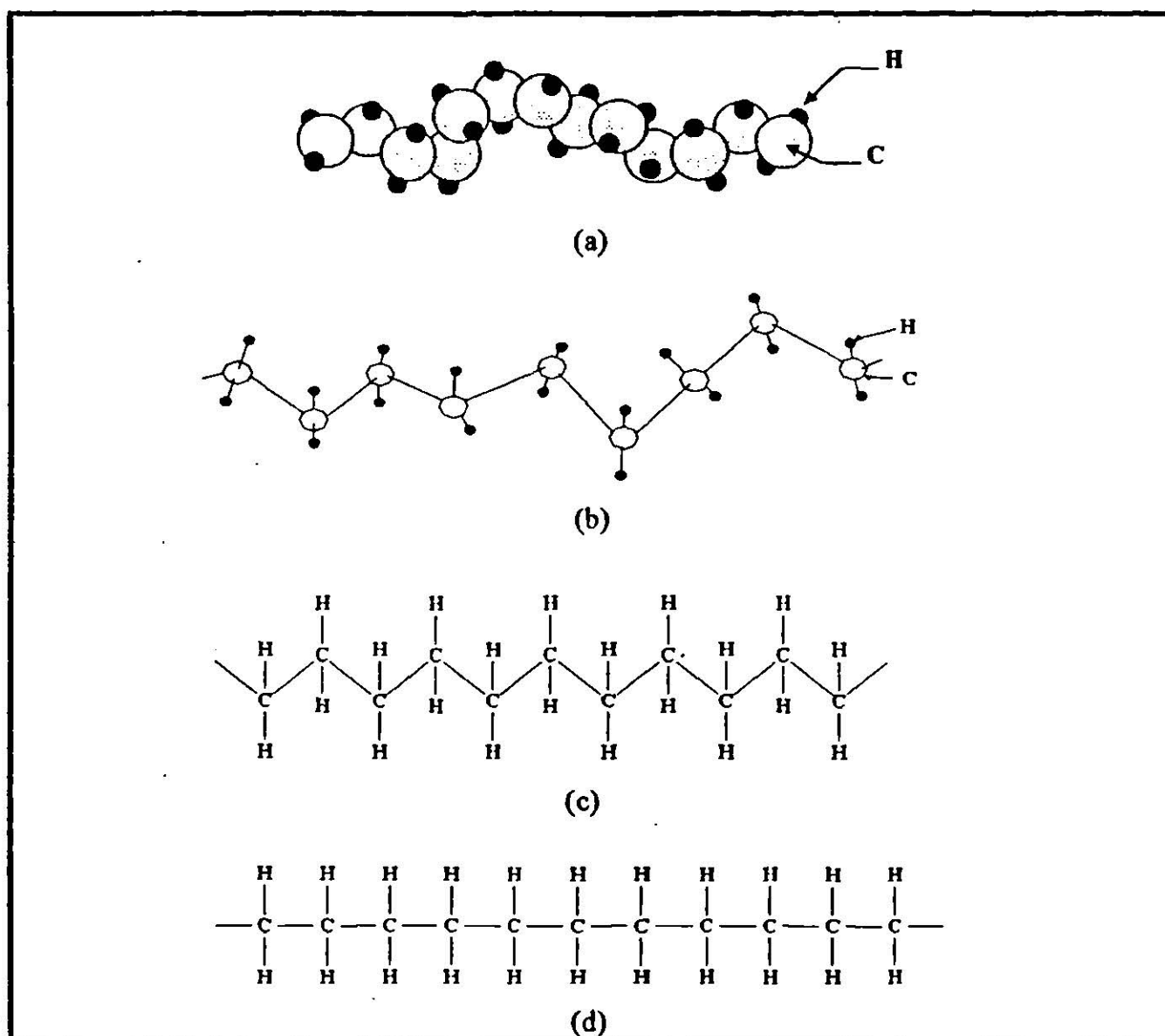


FIG. 2-4 Cuatro formas de representar la estructura del polietileno. (a) Modelo sólido tridimensional, (b) modelo "espacial" tridimensional, (c) modelo bidimensional que muestra la forma de la cadena polimérica, y (d) modelo bidimensional simple.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES:**

LIGEROS  
RESISTENTES A LA CORROSION  
AISLANTES ELECTRICOS  
BAJA RESISTENCIA A LA TENSION  
NO USADOS EN TEMPERATURAS ALTAS.  
MUY USUAL.

**CLASIFICACION DE LOS POLIMEROS:****• SEGUN SU MECANISMO DE POLIMERIZACION :**

**POLIMEROS POR ADICION:** SON CADENAS FORMADAS POR ENLACE COVALENTE DE LAS MOLECULAS.

**POLIMEROS POR CONDENSACION:** SE PRODUCEN CUANDO SE UNEN DOS O MAS TIPOS DE MOLECULAS MEDIANTE UNA REACCION QUIMICA QUE LIBERA AGUA.

**• SEGUN SU ESTRUCTURA :**

**POLIMEROS LINEALES :** SON CADENAS LARGAS DE MOLECULAS QUE SON FORMADAS POR UNA REACCION DE ADICION O CONDENSACION.

**POLIMEROS DE RED :** SON ESTRUCTURAS RETICULARES TRIDIMENSIONAL PRODUCIDAS MEDIANTE UN PROCESO DE ENLACES CRUZADOS QUE IMPLICA UNA REACCION DE ADICION O CONDENSACION.



- **SEGUN SU COMPORTAMIENTO:**

**POLIMEROS TERMOPLASTICOS :** SON POLIMEROS DE ESTRUCTURA LINEAL. QUE SE COMPORTAN DE MANERA PLASTICA A ELEVADAS TEMPERATURAS Y PUEDEN SER CONFORMADOS A TEMPERATURAS. ELEVADAS , ENFRIADOS Y LUEGO RECALENTADOS Y CONFORMADOS.

**POLIMEROS TERMOESTABLES O TERMOFIJOS:** SON DE RED O ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL RETICULADO POR LO QUE SE CONSIDERAN RIGIDOS Y NO SE ABLANDAN CUANDO SE CALIENTAN. SE FORMAN POR REACCION DE CONDENSACION NO SE PUEDEN REPROCESSAR DEBIDO A QUE PARTE DE LAS MOLECULAS SALEN DEL MATERIAL.

- **SEGUN SU GRADO DE POLIMERIZACION :**

⇒ HOMOPOLIMEROS( UN SOLO TIPO)  
⇒ COPOLIMEROS(DOS O MAS TIPOS)  
⇒ OLIGOPOLIMEROS(POCOS MONOMEROS)  
⇒ POLIMEROS.

- **SEGUN SU NATURALEZA :**

⇒ NATURALES ( LINO , SEDA ASBESTOS, CELULOSA )  
⇒ ARTIFICIALES O SINTETICOS ( RAYON NITRATO DE CELULOSA).  
⇒ SEGUN SU ORIGEN :  
⇒ VEGETALES(ALGODON,CELULOSA ETC.,)  
⇒ ANIMALES(PELOS)  
⇒ MINERALES(ASBESTOS,FIBRA DE VIDRIO).

**POLIMEROS INORGANICOS :**

SON MACROMOLECULAS QUE SE CONSTITUYEN DE CADENAS QUE NO CONTIENEN ATOMOS DE CARBONO.

SE CLASIFICAN EN NATURALES Y ARTIFICIALES.:

**NATURALES :** ASBESTOS  
FIBRAS DE CARBONO O DE GRAFITO OBTENIDAS POR EXTRUSION.

**ARTIFICIALES :** FIBRA DE VIDRIO  
SILICONES.

**ELASTOMEROS**

ELASTOMERO.(CAUCHO O HULES) ES UNA CADENA POLIMERICA QUE SE ENCUENTRA ENROLLADA DEBIDO AL ARREGLO CIS DE LOS ENLACES. POR LO QUE AL APLICARSE UNA FUERZA SE ALARGA AL DESENROLLARSE LAS CADENAS LINEALES. DESLIZÁNDOSE UNAS SOBRE OTRAS Y PRÓVOCANDO UNA COMBINACION DE DEFORMACION PLASTICA Y ELASTICA. TIENEN UN COMPORTAMIENTO INTERMEDIO Y LA CAPACIDAD DE DEFORMARSE ELASTICAMENTE EN ALTO GRADO SIN CAMBIAR DE FORMA.

**TABLA 2-1 UNIDADES REPETITIVAS Y PROPIEDADES DE ALGUNOS ELASTOMEROS**

Polímero	Estructura	Resistencia a la tensión (psi)	Elongación (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Poliisopreno	$  \begin{array}{ccccccc}  & & \text{H} & & & & \\  & &   & & & & \\  & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \text{H} & \text{H} & \\  &   &   & &   &   & \\  \cdots & \text{C} & -\text{C} & = & \text{C} & -\text{C} & \cdots \\  &   & & & &   & \\  & \text{H} & & & & \text{H} &   \end{array}  $	3000	800	0.93
Polibutadieno	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & & & \text{H} & & \\  &   & & &   & & \\  \cdots & \text{C} & -\text{C} & = & \text{C} & -\text{C} & \cdots \\  &   &   & &   &   & \\  & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} &   \end{array}  $	3500		0.94
Polibutileno	$  \begin{array}{ccccccc}  & & \text{H} & & & & \\  & &   & & & & \\  & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \text{H} & \text{H} & \\  &   &   & &   &   & \\  \cdots & \text{C} & -\text{C} & = & \text{C} & -\text{C} & \cdots \\  &   & & &   & & \\  & \text{H} & & & \text{H} & & \\  & & & & \left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right] & \cdots & \\  & & & & & & n  \end{array}  $	4000	350	0.92
Policloropreno (neopreno)	$  \begin{array}{ccccccc}  & \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{H} & & \\  &   &   &   &   & & \\  \cdots & \text{C} & -\text{C} & = & \text{C} & -\text{C} & \cdots \\  &   & & &   & & \\  & \text{H} & & & \text{H} & &   \end{array}  $	3500	800	1.24

**TABLA 2-1 UNIDADES REPETITIVAS Y PROPIEDADES DE ALGUNOS ELASTOMEROS (Continuación)**

Polímero	Estructura	Resistencia a la tensión (psi)	Elongación (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Butadieno-estireno (caucho BS o SBR)		600-3000	600-2000	1.00
Butadieno-acrilonitrilo		700	400	1.00
Silicón		350-1000	100-700	1.50

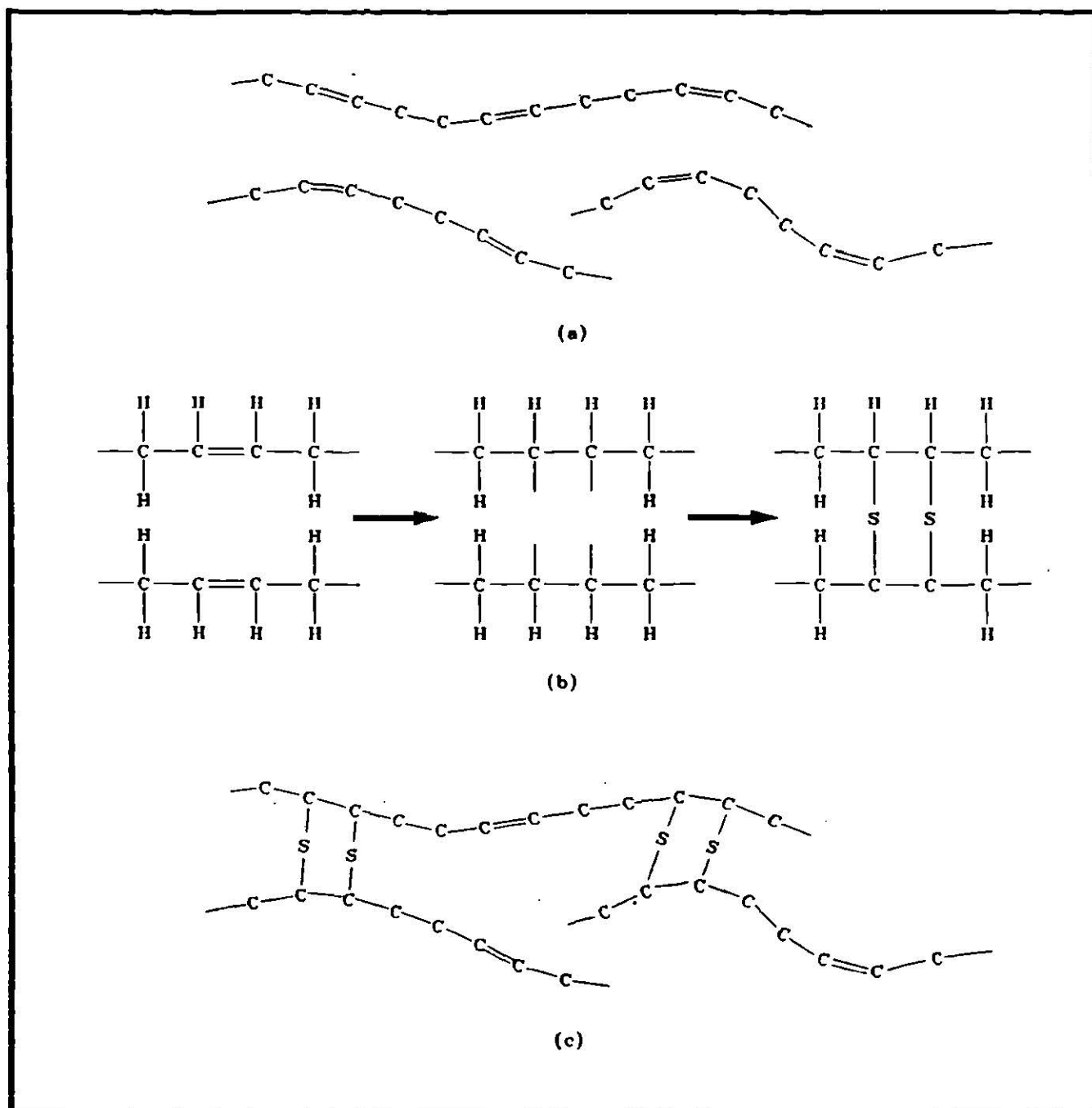


Fig. 2-5 Cadenas individuales de elastomeros (a) unidas por átomos de azufre (b) para producir el caucho (o hule) con ligaduras cruzadas (c).



### **3.-PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS MECÁNICAS** **EN LOS MATERIALES.**

La obtención de las características y propiedades mecánicas básicas en los materiales se basa en un ensayo estático de tensión y su gráfica de comportamiento Esfuerzo vs. Deformación unitaria, siendo las mas representativas las siguientes:

- ⇒ - RESISTENCIA MECANICA
- ⇒ - DUCTILIDAD
- ⇒ - RIGIDEZ
- ⇒ - RESILIENCIA
- ⇒ - TENACIDAD

- ⇒ - ESTANDARES DE PROBETAS
- ⇒ - VELOCIDAD DEL ENSAYO
- ⇒ - TEXTURA DE GRANO Y TIPOS DE FALLAS.

**RESISTENCIA MECANICA** : Es la oposición que ofrece el material a través de su fuerza interna (molecular) a la fuerza o carga aplicada.

Esta se mide a través de :

**1.- LIMITE PROPORCIONAL ( $\sigma_{L.P.}$ ):** Es el mayor esfuerzo que un material es capaz de desarrollar sin perder la proporcionalidad entre esfuerzo y deformación. es decir, que representara el último punto en la pendiente de la gráfica, cumpliendo con la ley de hooke .

**2.- LIMITE ELASTICO ( $\sigma_{L.E.}$ ) :** Es el mayor esfuerzo que un material es capaz de desarrollar sin que ocurra la deformación permanente al retirar el esfuerzo. La determinación de este límite elástico no es práctico y rara vez se realiza.

**3.- RESISTENCIA A LA CEDENCIA ( $\sigma_{Y.P.}$ ):** Es el esfuerzo al cual ocurre un aumento de deformación para cero incremento de esfuerzo.

En este punto cede el material a los defectos de cristal (vacancias, intersticios y dislocaciones) por lo que provoca el desplazamiento molecular (deformación) sin oponerse a la fuerza aplicada por lo que los incrementos de carga son variables y pequeños los cuales pueden detectarse en las lecturas de carga en la máquina de pruebas para algunos materiales.

**4.- RESISTENCIA MAXIMA ( $\sigma_{máx.}$ ):** Es el esfuerzo máximo que puede desarrollar el material debido a la carga aplicada, durante un ensaye hasta la ruptura. ( se observa en la probeta el inicio de la reducción de área en mtl. dúctiles).

**5.- ESFUERZO DE RUPTURA APARENTE ( $\sigma_{RUP.}$ ):** Es el esfuerzo nominal al ocurrir la falla y se obtiene dividiendo la carga decreciente registrada en la caratula o pantalla de la máquina y el área inicial de la probeta.

**6.- ESFUERZO DE RUPTURA REAL O "VERDADERO" ( $\sigma_{RUP.}$ ):** Es el esfuerzo nominal al ocurrir la falla y se obtiene dividiendo la carga entre el área real que disminuye conforme se aplica ésta.

Este esfuerzo es improbable sobre la sección crítica o de falla, ya que el laminado del metal causa el desarrollo de una compleja distribución de esfuerzos.

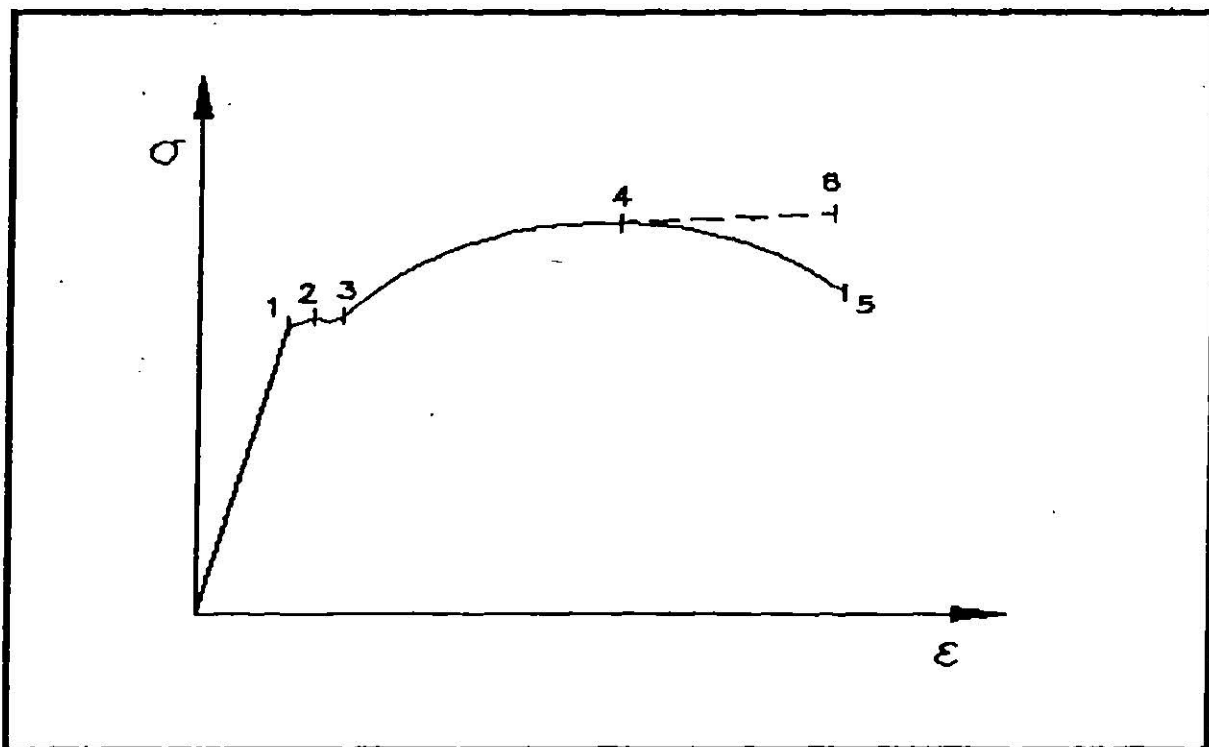


Figura 3.1 Gráfica Esfuerzo vs. Deformación unitaria

### OBTENCION DEL PUNTO DE CEDENCIA :

Se define como el esfuerzo al cual ocurre una gran deformación sin incremento de carga o esfuerzo.

En algunos materiales este punto de cedencia no se presenta como en otros; que a través de la oscilación de la aguja en la carátula de lectura de carga o del canal en el display de carga, se puede detectar dicho punto en la maq. universal.

El método para determinar el punto de cedencia se le conoce como método "offset" o "desplazamiento".

El método consiste en trazar una línea o recta paralela a la pendiente de la gráfica a partir de un valor de deformación unitaria de 0.001, 0.002, 0.003 in / in. que representara 0.1%, 0.2%, 0.3% de deformación unitaria. El valor mas usual es el 0.2% ver figura 3.2.

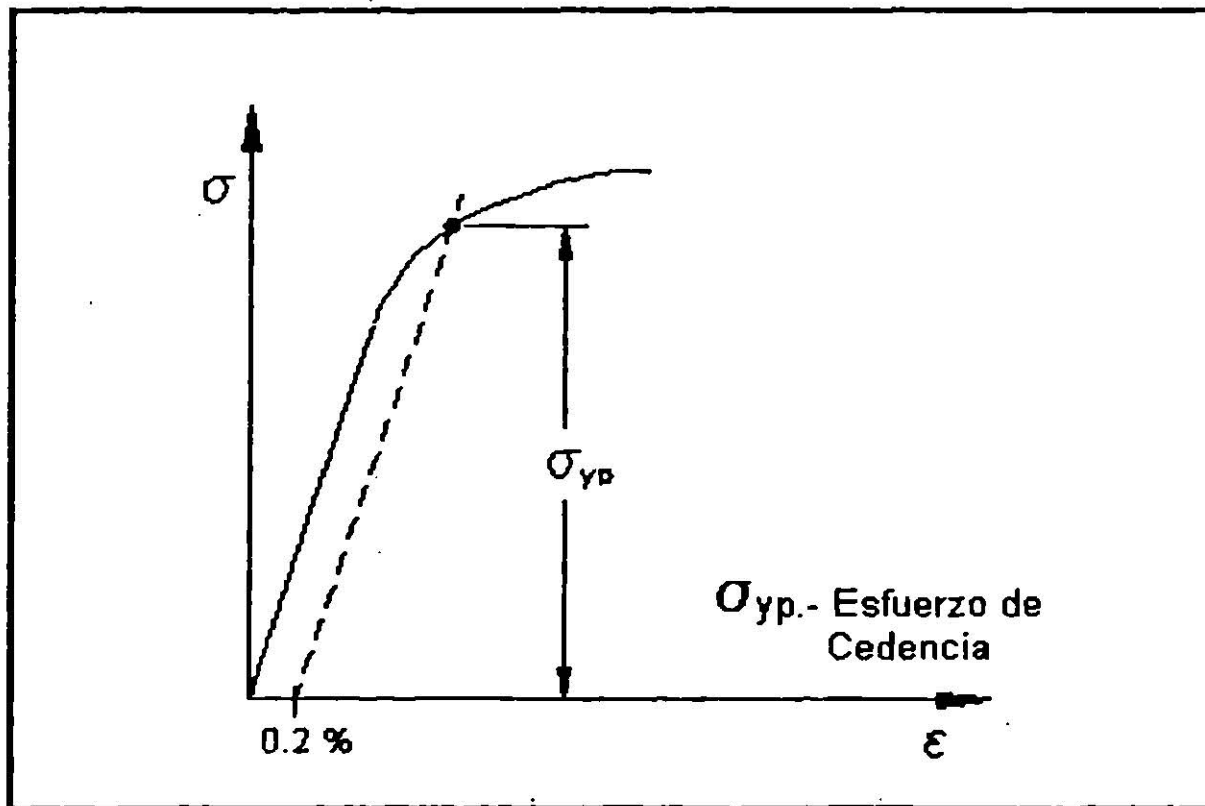


Figura 3.2. Método Offset para la obtención del punto de cedencia

## ZONAS EN LA GRAFICA

**1.- ZONA ELASTICA :** Se considera desde el origen hasta el punto límite proporcional .  
Se emplea en el diseño de elementos de máquinas y estructuras.

**2.- ZONA PLASTICA :** Se considera desde el punto de cedencia hasta el punto de esfuerzo máximo.

Se emplea para darle forma al material por ejemplo los procesos de mecanizado ( torneado, troquelado, doblado, extruido, etc. ), laminados ( en caliente, y en frío ). Esta zona se divide en zona de cedencia y zona de endurecimiento por deformación.

**3.- ZONA HIPERPLASTICA :** Se considera en algunos materiales desde el punto de esfuerzo máximo hasta el punto de ruptura aparente.

Se emplea en el diseño de elementos de máquinas, productos, y estructuras que deben absorber grandes cantidades de energía mecánica ( e. cinetica o potencial ).

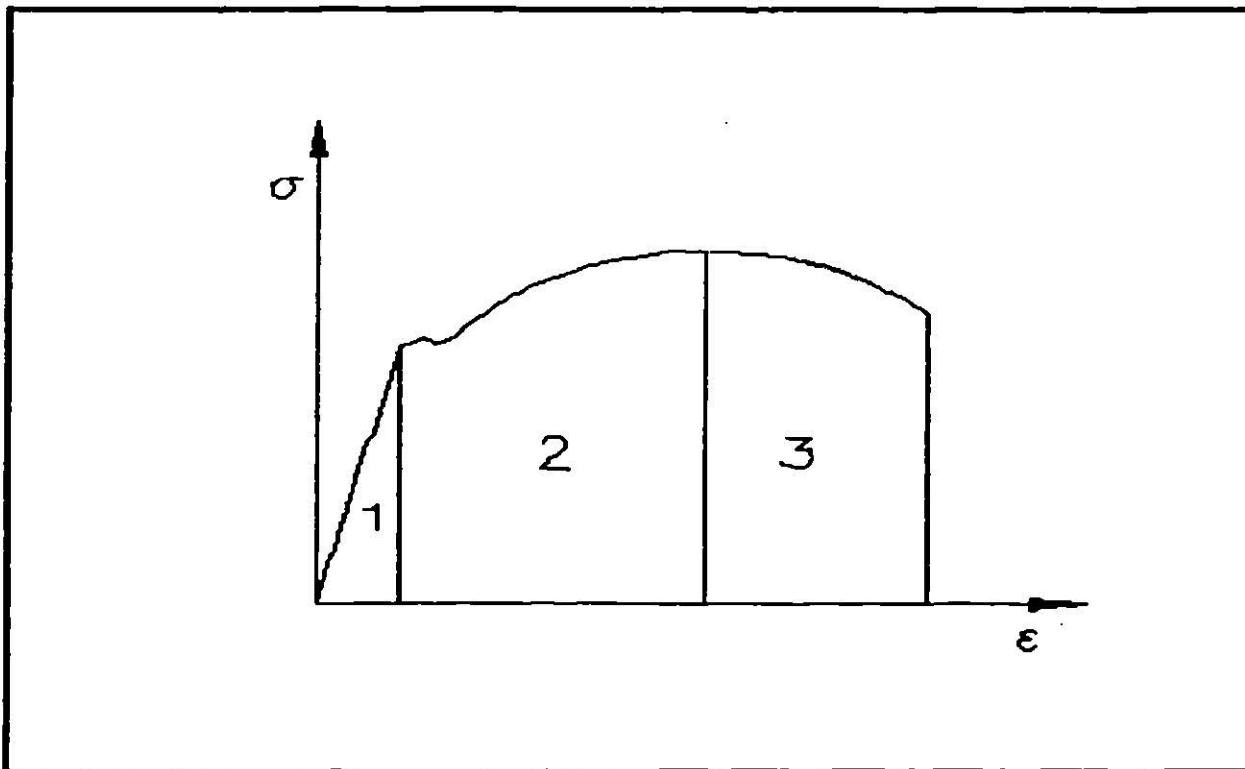


Figura 3.3 Zona en la gráfica Esfuerzo vs. Deformación unitaria

## **DUCTILIDAD**

Es la propiedad que tienen los materiales de deformarse en grande.

**FRAGILIDAD** : Es la propiedad que tienen los materiales de no presentar deformación macroscópica.

Estas propiedades son medidas :

- Para el ensayo estático de **Tensión** a través de :

- **% de Elongacion** : se obtiene midiendo la longitud inicial (  $L_o$  ) y la final (  $L_f$  ) de la probeta y luego sustituyendo en la ecuación :

$$\% \text{ Elong.} = ( L_o - L_f ) / L_o \times 100.$$

- **% de Reducción de Area.**: se obtiene midiendo el diámetro inicial y final de la probeta, calculando el área respectiva y sustituyendo en la ecuación :

$$\% \text{ de Reducción de Area} = ( A_o - A_f ) / A_o \times 100$$

Para el ensayo de **Compresión** a través de :

- **% de Aumento de Area** : se obtiene midiendo los diámetros inicial y final calculando el área respectiva y sustituyendo en la ecuación :

$$\% \text{ de Aumento de Area} = ( A_f - A_o ) / A_o \times 100 .$$

- **% De Reducción de Longitud** : se obtiene midiendo la longitud inicial y final de la probeta y sustituyendo en la ecuación :

$$\% \text{ de Reducción de Longitud} = ( L_o - L_f ) / L_o \times 100$$

Se recomienda en los metales que tengan un % de elongacion, % de reducción de área, % de aumento de área, % de reducción de longitud, mayor de 5%, para que se consideren dúctiles. Para otros materiales se consultaría las normas de la A.S.T.M.



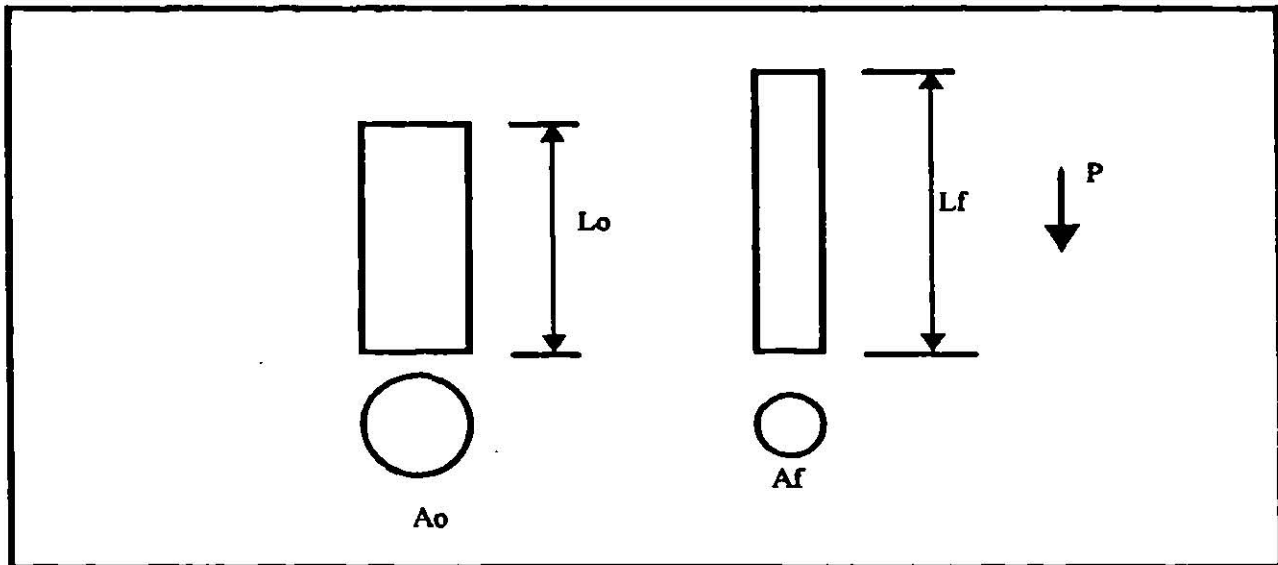


Figura 3.4 Dimensiones iniciales y finales en un ensayo de tensión

**RIGIDEZ :** Es el esfuerzo requerido para producir una deformación dada.

Se mide : a través de la obtención del módulo de elasticidad para carga axial (E) y representa la tangente de la pendiente en la gráfica esfuerzo vs. deformación, este módulo se puede obtener considerando dos puntos sobre la pendiente y realizando un triángulo como se muestra en la figura 3.5.

$$E = \text{Tg}\theta = \Delta\sigma / \Delta\epsilon = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\epsilon_2 - \epsilon_1)$$

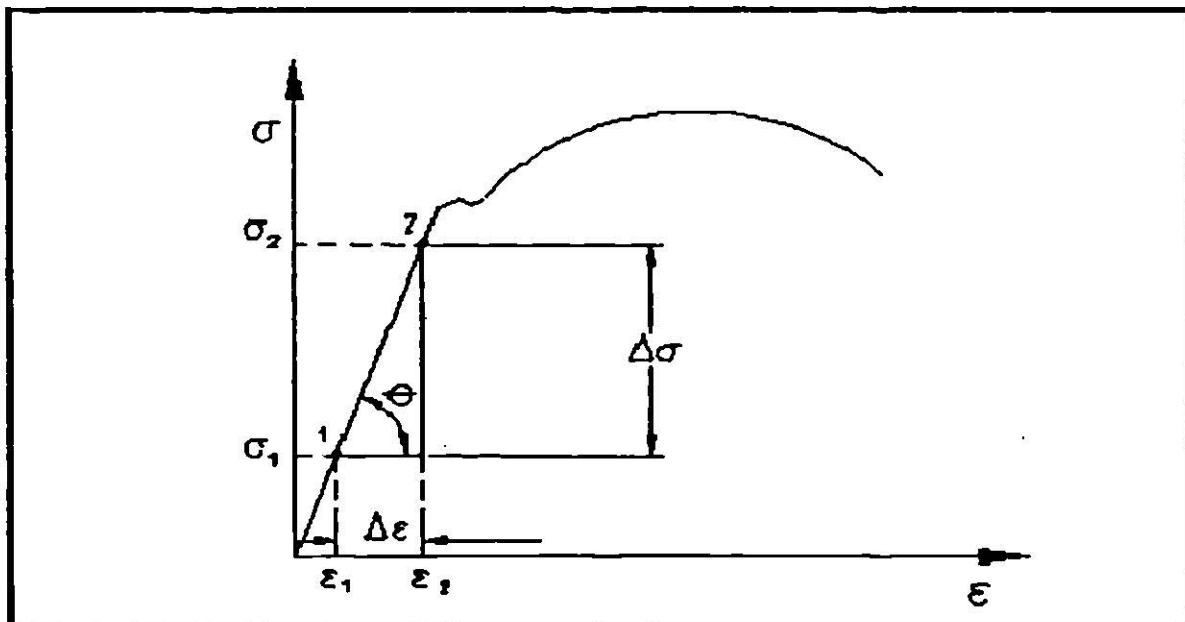


Figura 3.5 Obtención de la rigidez

MATERIAL #	MODULO ELASTICO ( E )		
	$10^6 \text{ ( kg. / cm}^2 \text{ )}$	$\text{( GPa )}$	$10^6 \text{ ( Lb / IN}^2 \text{ )}$
ACERO ORDINARIO	2.1	200	30
ALUMINIO	0.705	70	10
LATON	0.98	100	11
HIERRO COLADO	1.05	120	11.6
MADERA	0.09	183	1.2
CONCRETO	0.25	500	3.5
PLASTICO	0.56	116	0.8

Valores promedio de modulo de elasticidad de algunos mtl.

TABLA 3.1

**RESILIENCIA ELASTICA** : Es la propiedad que tiene los materiales de absorber energía hasta su límite proporcional o elástico ( energía elástica ).

Otras definiciones son : una medida de la resistencia a la energía elástica.

La resiliencia elástica unitaria (R.E.U. o módulo de resiliencia ) es la energía almacenada por unidad de volumen en el límite elástico o proporcional y representa el área (A1) bajo la pendiente de la gráfica  $\sigma$  vs.  $\epsilon$  mostrada en la figura 3.6.

$$\text{R.E.U.} = A1 = 1/2 (\sigma_{LP}^2 \times \epsilon_{LP}) \text{ ( Kg. -cm. / cm}^3 \text{.)}$$

$$\text{VOLUMEN INICIAL ( } V_o \text{ )} = A_o \times L_o \text{ ( cm}^3 \text{ )}$$

$$\text{RESILIENCIA ELASTICA TOTAL ( R.E.T. )} = \text{R.E.U.} \times V_o.$$

$$\text{R.E.U.} = \{ 1/2 (\sigma_{LP}^2 \times \epsilon_{LP}) \} \times V_o \text{ ( Kg-cm )}$$

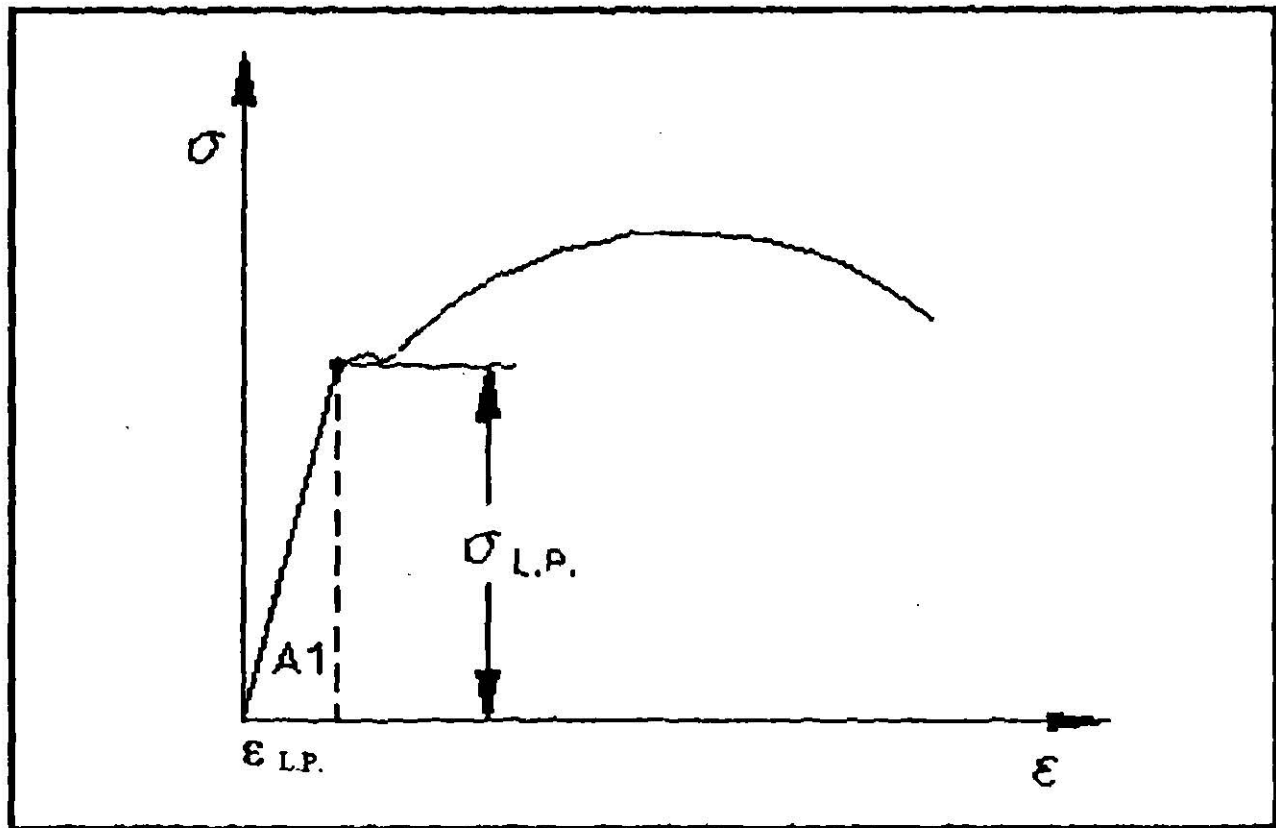


figura 3.6 Obtención de la resiliencia

**TENACIDAD :** Es la propiedad que tienen los materiales de absorber energía hasta el punto de ruptura (energía plástica).

Representa el área total bajo la gráfica esfuerzo-deformación, esta se puede medir a través de seccionar el área en áreas regulares y sumarlas, o con el planimetro, que es un instrumento para determinar el área de una gráfica. Al seguir el contorno de la misma. El valor así obtenido será la tenacidad unitaria. Ver figura 3.6a.

**TENACIDAD UNITARIA (T.U.) = AREA TOTAL**

$$T.U. = 1/2 (\sigma_{YP} + \sigma_{max}) \epsilon_{max} \quad (\text{Kg.} - \text{cm} / \text{cm}^3)$$

$$\text{VOLUMEN INICIAL, } (V_0) = A_0 \times L_0 \quad (\text{cm}^3)$$

$$\text{TENACIDAD TOTAL (T.T.)} = T.U. \times V_0. \quad (\text{Kg.} - \text{cm})$$

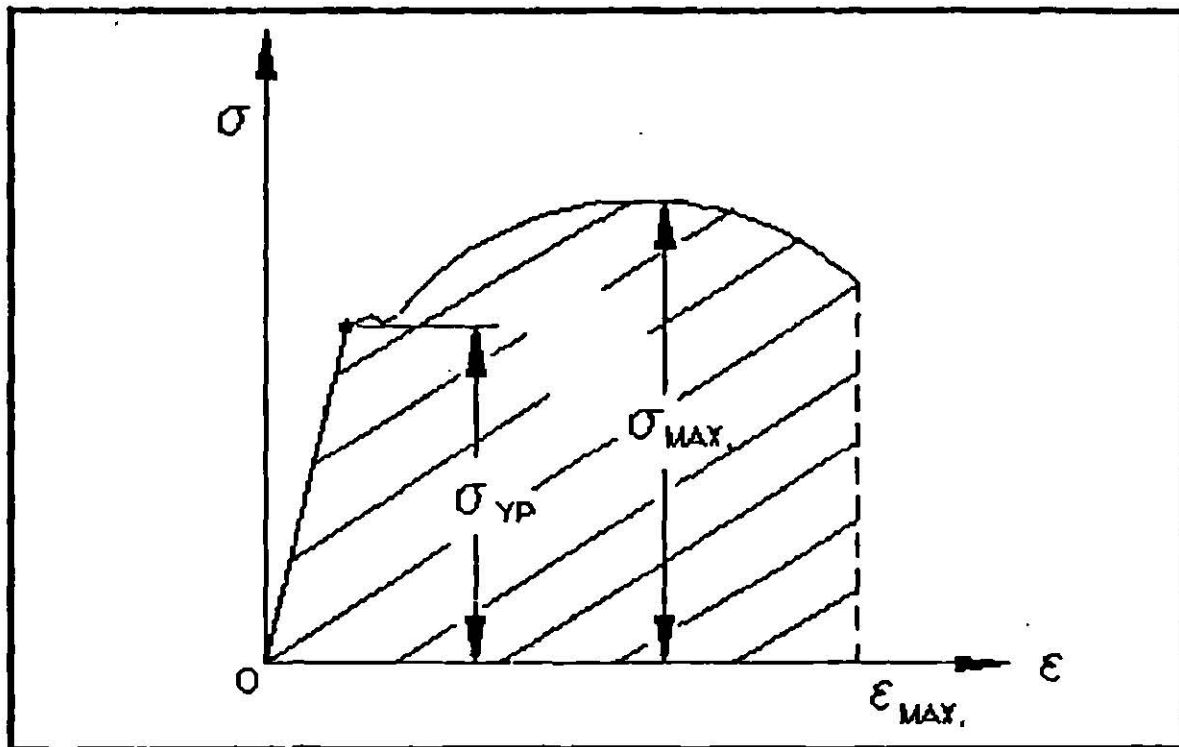


Figura 3.6a Obtención de la Tenacidad

### **ESTÁNDAR DE PROBETAS PARA TENSIÓN :**

Las probetas para ensayos de tensión se realizan de diferentes formas, la sección transversal del espécimen puede ser redonda, rectangular o irregular según sea el caso.

Las formas dimensionales de las probetas depende de las asignaciones que estipule las normas referidas por las agencias de ensaye e inspección en los materiales y productos.

La porción central del tramo recto es de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los aditamentos de sujeción; ver figura 3.7.

El tramo de calibración es el marcado según estándar, sobre el cual se miden las lecturas de longitud final y diámetro final los extremos de las probetas redondas, y rectangulares pueden ser simples, cabeceados o roscados. los extremos simples deben ser largos para adaptarse algún tipo de mordaza cuneiforme o plana; ver figura 3.7.

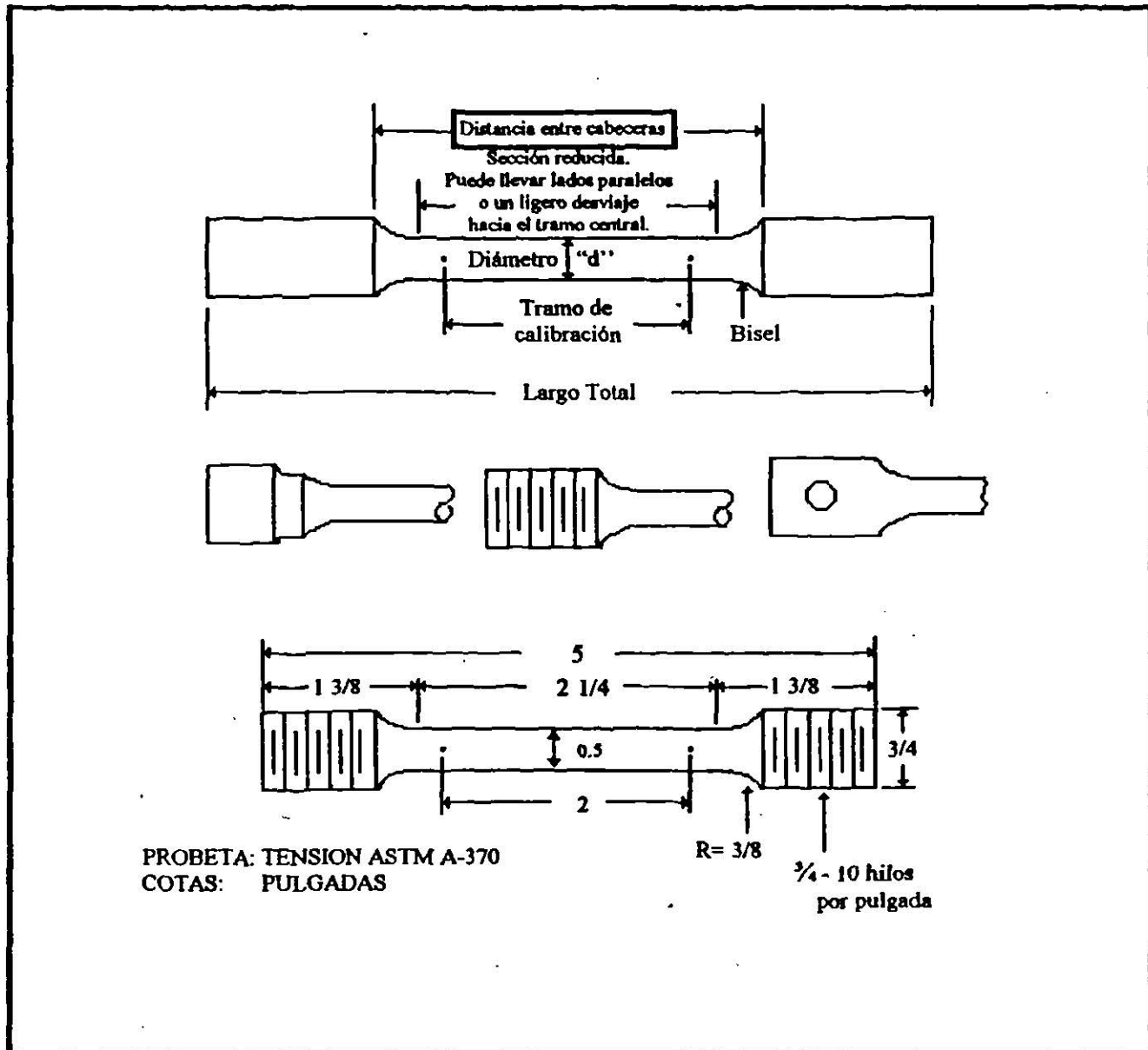


Figura 3.7 Tipos de extremos para probetas de tensión

Una probeta debe ser simétrica con respecto a un eje longitudinal a lo largo de su longitud, para evitar la flexión durante la aplicación de la carga ver figura 3.8, la longitud de la sección reducida depende de la clase de material y de las mediciones que se tomen.



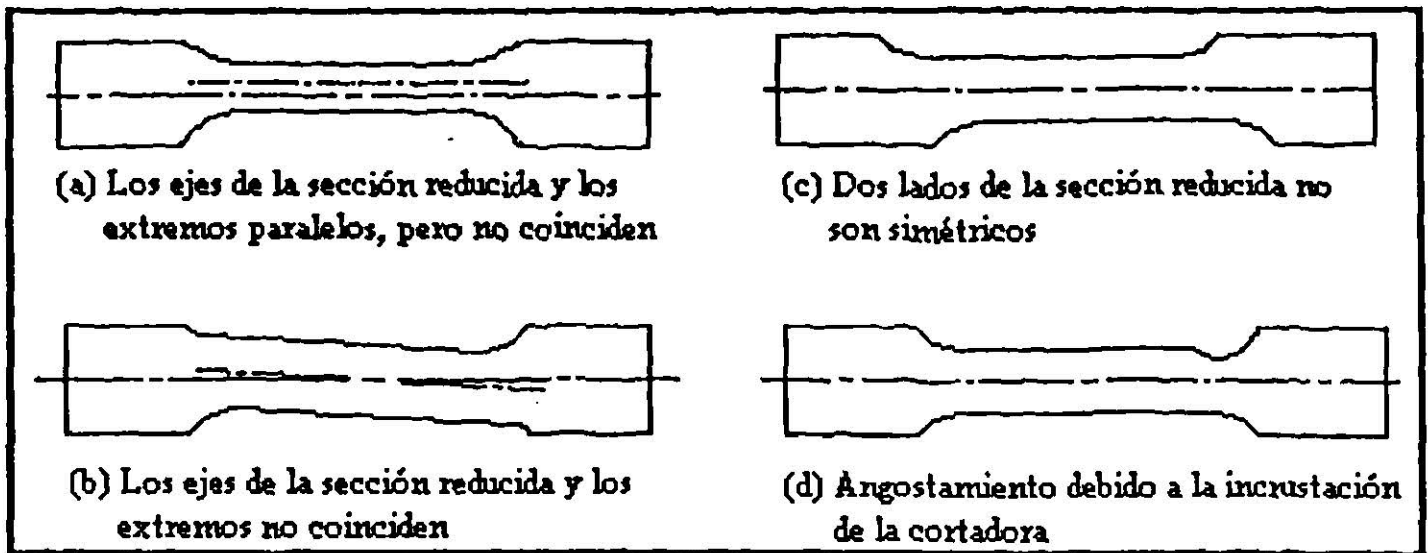


Figura 3.8 Defectos comunes en las probetas planas

En las siguientes figuras 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 se muestran los diferentes estándares para los ensayos estáticos de tensión en materiales y como productos.

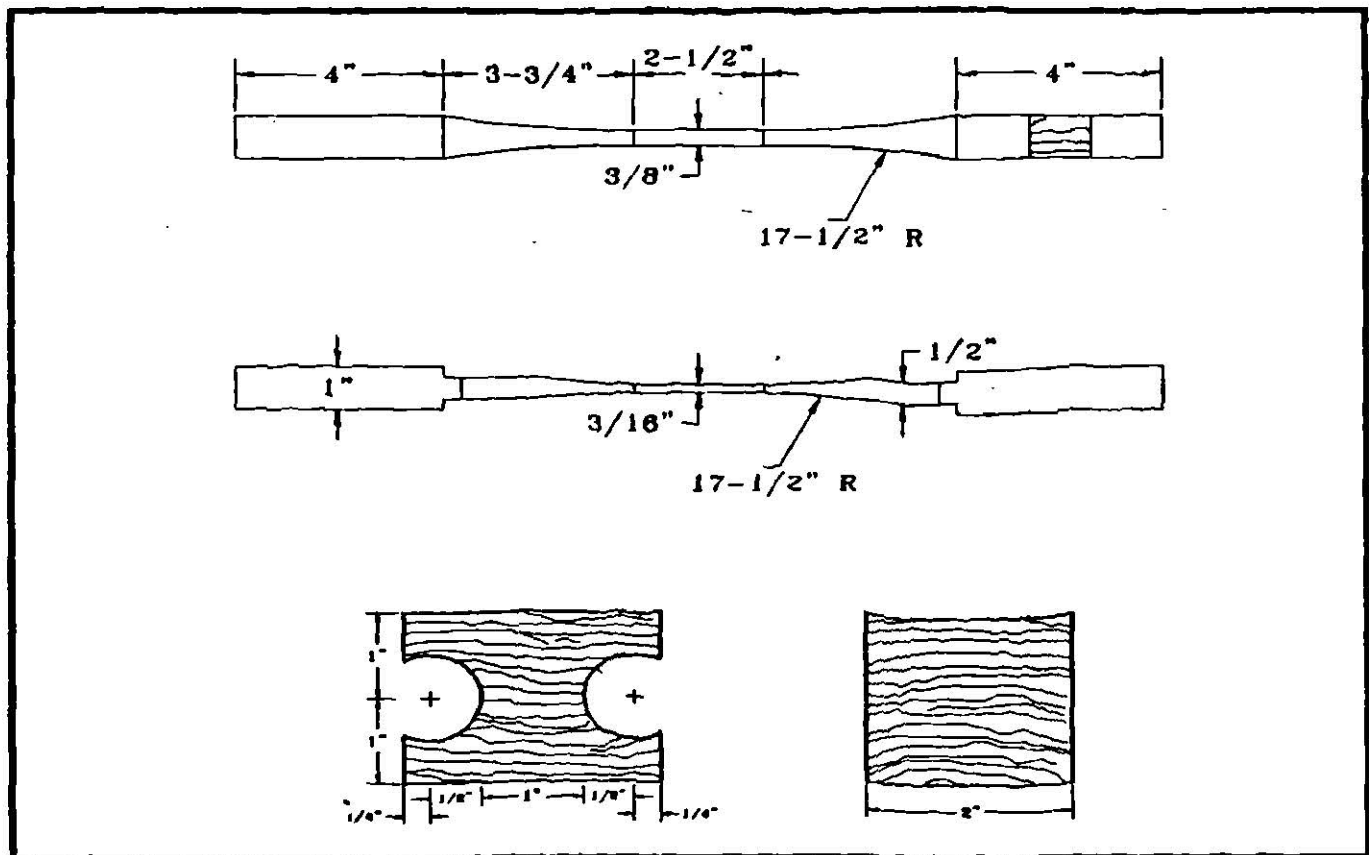
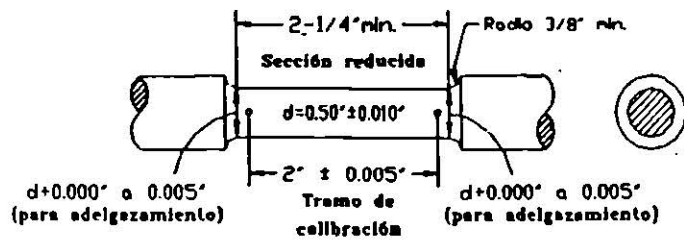


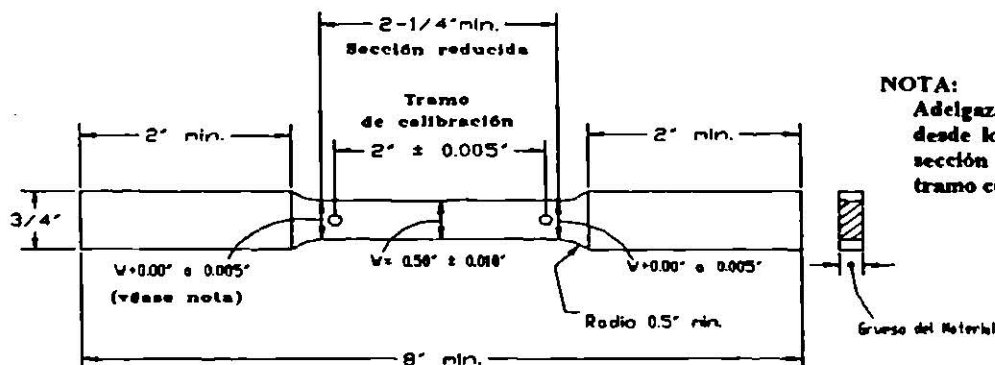
Figura 3.9 Estándares según la A.S.T.M. para ensayos de tensión en madera



(a) Probeta redonda estándar con tramo de calibración de 2 plg.

**NOTA:**

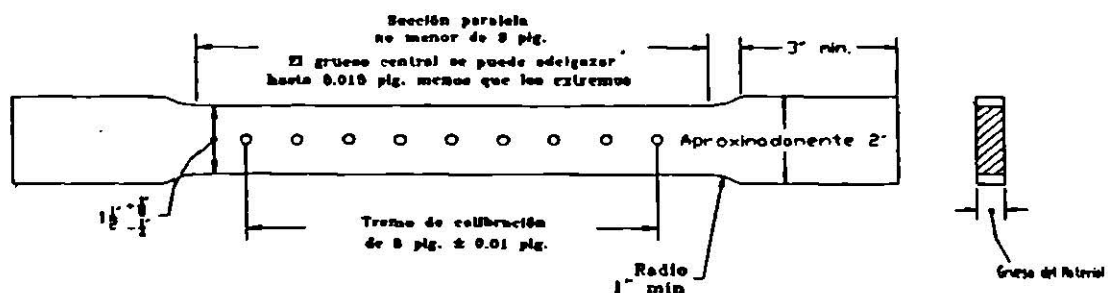
El tramo de calibración, la sección paralela o adelgazada y los biselos serán como se indican, pero los extremos pueden ser de cualquier forma para ajustar en los sujetadores de la máquina de ensaye de tal manera que la carga sea axial



(b) Probeta rectangular estándar con tramo de calibración de 2 plg. para ensaye de metales en forma de placa, lámina, etc., con grueso de 0.005 a 5/8 plg.

**NOTA:**

Adelgazamiento gradual desde los extremos de la sección reducida hasta el tramo central



(c) Probeta rectangular estándar con tramo de calibración de 8 plg. para ensaye de metales en forma de placa, lámina, etc., con grueso de 3/16 plg. o más.

Figura 3.10 Estándar A.S.T.M. E-8, A 370 para ensayos estáticos de tensión en metales dúctiles

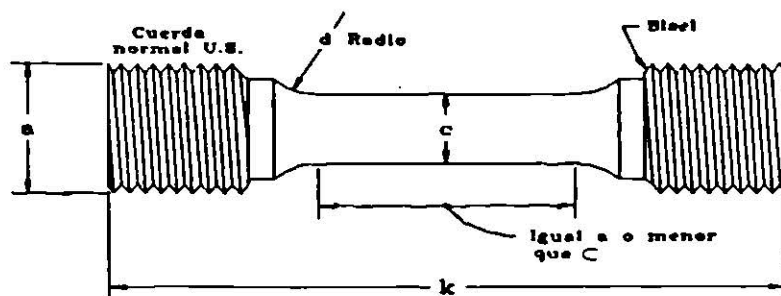


TABLA DE DIMENSIONES DE PROBETAS, EN PULGADAS.

Dimensión	Probeta A	Probeta B	Probeta C
a	0.750	1.125	1.125
C	0.500	0.750	1.250
d, min.	1.00	1.00	2.00
K, min.	3.75	4.00	6.375

Figura 3.11 Estándar para Hierro fundido A.S.T.M. E-8, A 48

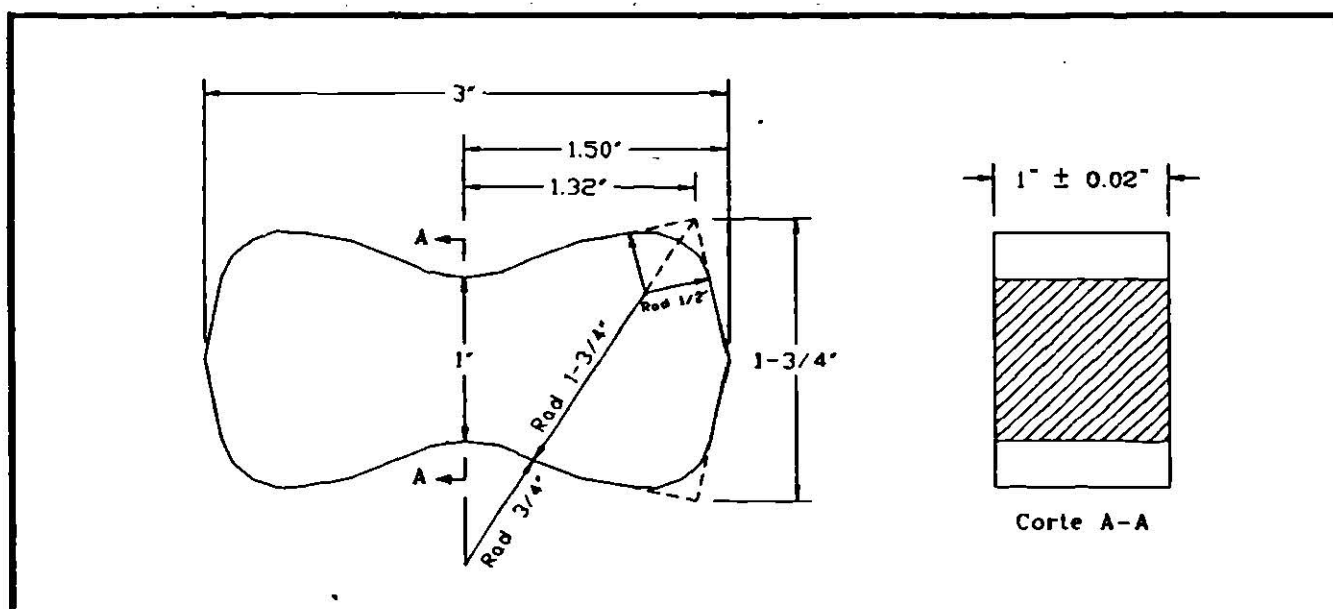


Figura 3.12 Estándar A.S.T.M. C150, C190, para concreto y cemento portland

Otros estándares para Polímeros o Plásticos se encuentran en la asignación de la ASTM D 412, hasta D 530, hasta D 638, para concreto ASTM C 190, para materiales eléctricos ASTM D 651, etc.

### VELOCIDAD DE LOS ENSAYOS A TENSION

La velocidad de los ensayos a tensión serán aquellas que permitan las lecturas de carga y deformación o las que recomienden los estándares de la ASTM, ASME o alguna otra asociación. Para el tipo de material a ensayar, un ejemplo de velocidades del cabezal móvil serian desde 0.01 a 0.05 plg./min. y una máxima velocidad de carga seria de 100 kips/plg<sup>2</sup>-min. se sugiere detectar la cedencia en metales según ASTM 8.

### TEXTURA DE GRANO Y TIPOS DE FRACTURA :

Las fracturas se pueden clasificar en cuanto a forma, textura y color. Los tipos de fracturas mas comunes son cono - cráter, parcialmente cono y cráter, planas e irregulares y las que puedan definirse al momento de la fractura del espécimen los tipos de texturas son sedosa, grano fino, grano grueso granular fibrosa estillable cristalina vidriosa y mate, y las que puedan determinarse al inspeccionar la sección transversal de la pieza ver fig. 3.13.

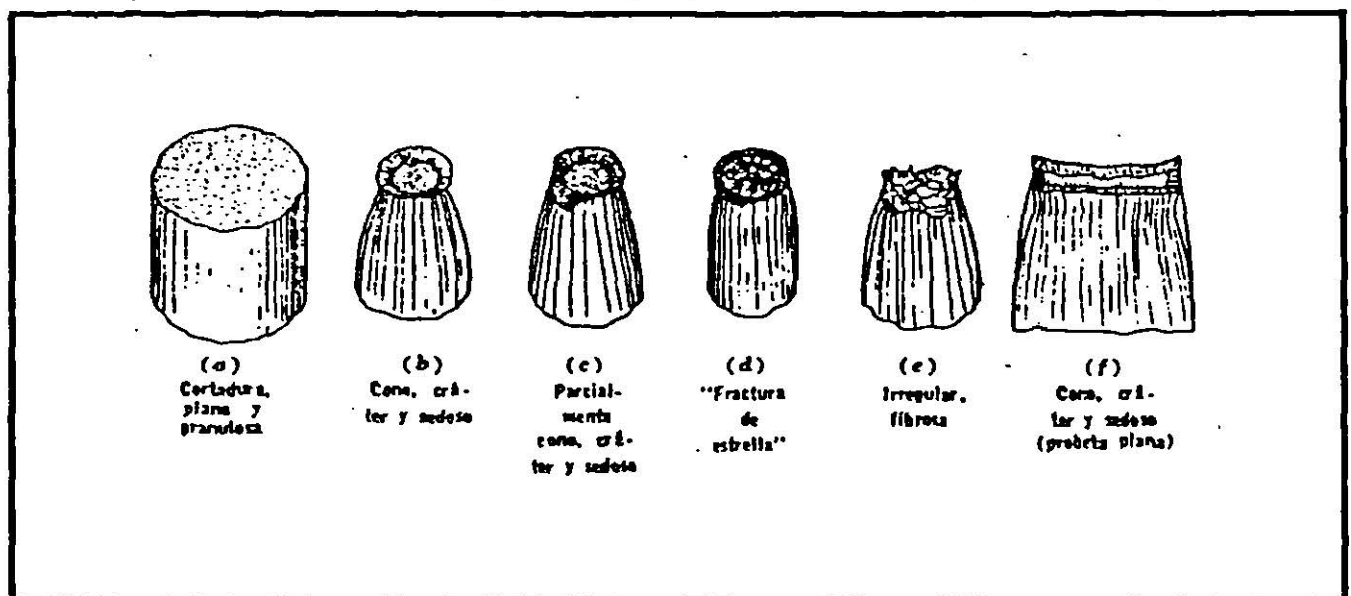


Figura 3.13 Fracturas típicas por tensión en metales.

**4.-MAQUINAS PARA PRUEBAS MECANICAS,**  
**ACCESORIOS E INSTRUMENTOS**  
**DE MEDICION.**

**MAQUINAS DE PRUEBAS MECANICAS**

Las máquinas empleadas para las diferentes pruebas o ensayos en los materiales, en los diversos productos y pruebas experimentales son :

- ♣ **MAQUINA UNIVERSAL DE PRUEBAS.**
- ♣ **MAQUINA DE DUREZA ROCKWELL.**
- ♣ **MAQUINA DE DUREZA BRINELL.**
- ♣ **MAQUINA DE DUCTILIDAD EN LAMINA METALICA.**
- ♣ **MAQUINA DE TORSION.**
- ♣ **MAQUINA DE FATIGA.**

Cada una de estas máquinas tiene sus correspondientes accesorios o aditamentos para la realización de las ensayos en los materiales, los cuáles son recomendados por las agencias que normalizan los ensayos e inspección de los mtl's.

Cuando se requiere probar algún producto, por lo común se tiene que hacer o diseñar el aditamento correspondiente. O en su caso lo que sugiera la norma del ensaye.



## **MAQUINA UNIVERSAL DE PRUEBAS MECANICAS**

**INTRODUCCION:** Las máquinas universales se emplean para realizar las diferentes pruebas mecánicas como son: las de tensión, compresión, corte, flexión, dureza, etc.

Las pruebas mecánicas se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación de la siguiente manera:

- En materiales.
- En productos.
- Experimentales.

La finalidad de efectuar las pruebas o ensayos es la de determinar las características y propiedades mecánicas en los materiales, en productos o prototipos de algún elemento que se pretenda diseñar. Enseguida se describirá las partes principales de la maquina universal de pruebas:

- 1.- **UNIDAD DE CARGA:** Llamada también marco de carga, es en la cual se coloca la pieza a ensayar y a través de ella se aplica la carga de la misma.
- 2.- **UNIDAD DE POTENCIA:** Esta unidad tiene como función mandar el aceite hacia el pistón de carga para que se mueva, tiene además sus válvulas de seguridad y control de flujo.
- 3.- **UNIDAD DE CONTROL:** A través de esta unidad se controlan los parámetros del ensayo como son la carga, desplazamiento del pistón de carga, el % de deformación, velocidad del ensayo y otras funciones.
- 4.- **UNIDAD DE COMPUTO:** En ella se puede programar el ensayo que se desee realizar ya sea de tensión, compresión, etc. y la característica es de que se haría en forma automática, obteniéndose el reporte de los resultados y gráfica en la pantalla e impresora, almacenándose los mismos, en un tiempo corto.

**DESCRIPCION DE LAS PARTES DE LA MAQUINA UNIVERSAL DE PRUEBAS**

- ♣ SECCION I            ZONA DE PRUEBA.
- ♣ SECCION II          UNIDAD DE POTENCIA.
- ♣ SECCION III        ZONA DE CONTROL.
- ♣ SECCION IV        UNIDAD DE COMPUTO.

- 1.- PISTON DE CARGA.
- 2.- CABEZAL MOVIL.
- 3.- CABEZAL FIJO.
- 4.- MOTOR PARA ELEVAR EL CABEZAL FIJO.
- 5.- MANIVELA PARA MORDAZAS DE SUJECION PARA TENSION.

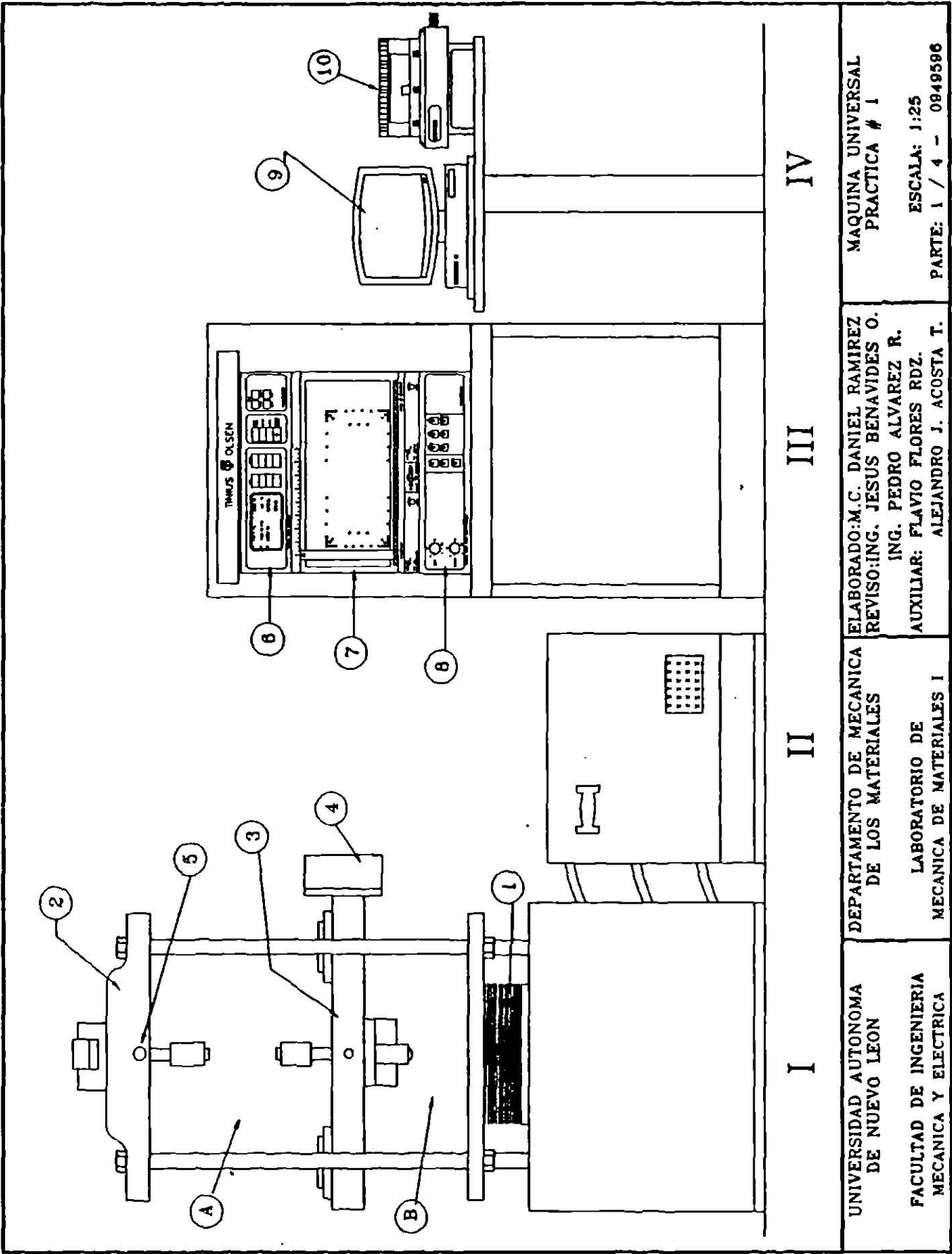
- A.- ZONA DE TENSION.
- B.- ZONA DE COMPRESION.

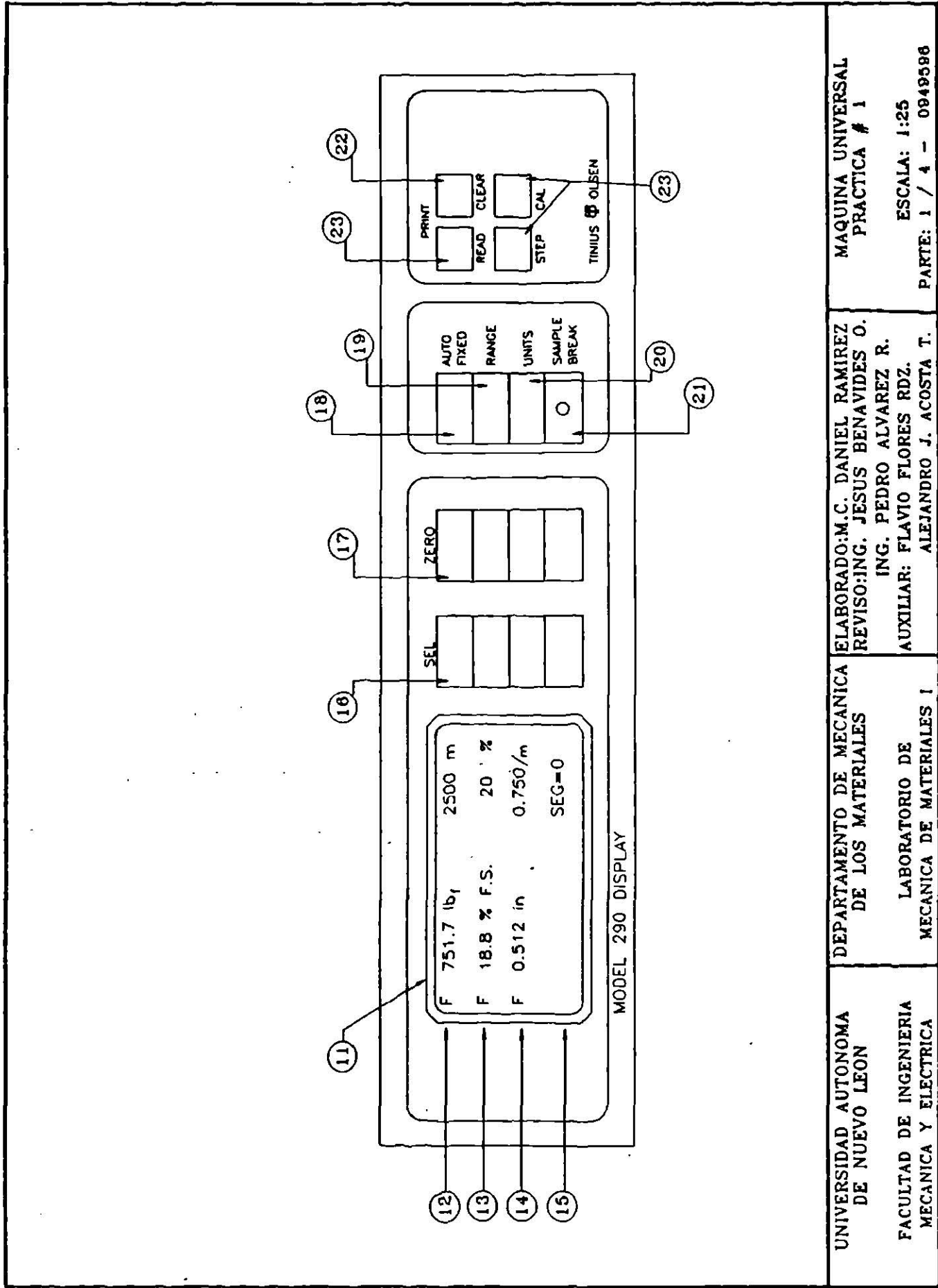
- 6.- TABLERO DE LECTURAS DE: CARGA, DEFORMACION, DESPLAZAMIENTO DEL PISTON.
- 7.- GRAFICADOR.
- 8.- TABLERO DE CONTROL DE APLICACION DE CARGA.
- 9.- COMPUTADORA.
- 10.- IMPRESORA.
- 11.- PANTALLA DE LECTURA PARA LOS CUATRO CANALES.
- 12.- CANAL 1: PARA LECTURAS DE INCREMENTOS DE CARGA (LADO IZQUIERDO) Y CARGA MAXIMA (LADO DERECHO).
- 13.- CANAL 2: PARA LECTURAS DE % DE DEFORMACION.
- 14.- CANAL 3: PARA LECTURAS DE LOS INCREMENTOS DE DESPLAZAMIENTO DEL PISTON (LADO IZQUIERDO) Y DE VELOCIDAD DEL PISTON (LADO DERECHO).
- 15.- CANAL 4: PARA LECTURAS DE ETAPAS DE UN ENSAYO.
- 16.- SELECTOR DE RANGOS PARA CADA CANAL.
- 17.- AJUSTADORES A CERO DE CADA CANAL.
- 18.- MODO DE OPERACION MANUAL Y/O AUTOMATICO.
- 19.- PRESENTACION DE RANGO DE CADA CANAL.
- 20.- SISTEMA DE UNIDADES (S.I. ABSOLUTA, U.S. INGLESA, UNIDAD TECNICA METRICA).
- 21.- ROMPIMIENTO DE MUESTRA.

- 22.- AJUSTA A CERO EL LADO DERECHO DE LOS CANALES 1,2,3.
- 23.- TECLAS PARA LA CALIBRACION DE LA MAQUINA.
- 24.- ENCENDIDO DE LA BOMBA.
- 25.- MODO DE OPERACION DE LA MAQUINA.
- 26.- APAGADO DE LA MAQUINA.
- 27.- DESCARGA RAPIDA DEL PISTON.
- 28.- TECLA DE CARGA.
- 29.- POTENCIOMETRO PARA VARIAR LA VELOCIDAD DE APLICACION DE CARGA Y DESPLAZAMIENTO DEL PISTON.
- 30.- TECLA PARA VELOCIDAD LENTA EN LA APLICACION DE LA CARGA.
- 31.- TECLA PARA VELOCIDAD RAPIDA EN LA APLICACION DE LA CARGA.
- 32.- PARO DE CARGA.
- 33.- POTENCIOMETRO DE DESCARGA.
- 34.- TECLA DE DESCARGA.

### RANGOS DE CARGA

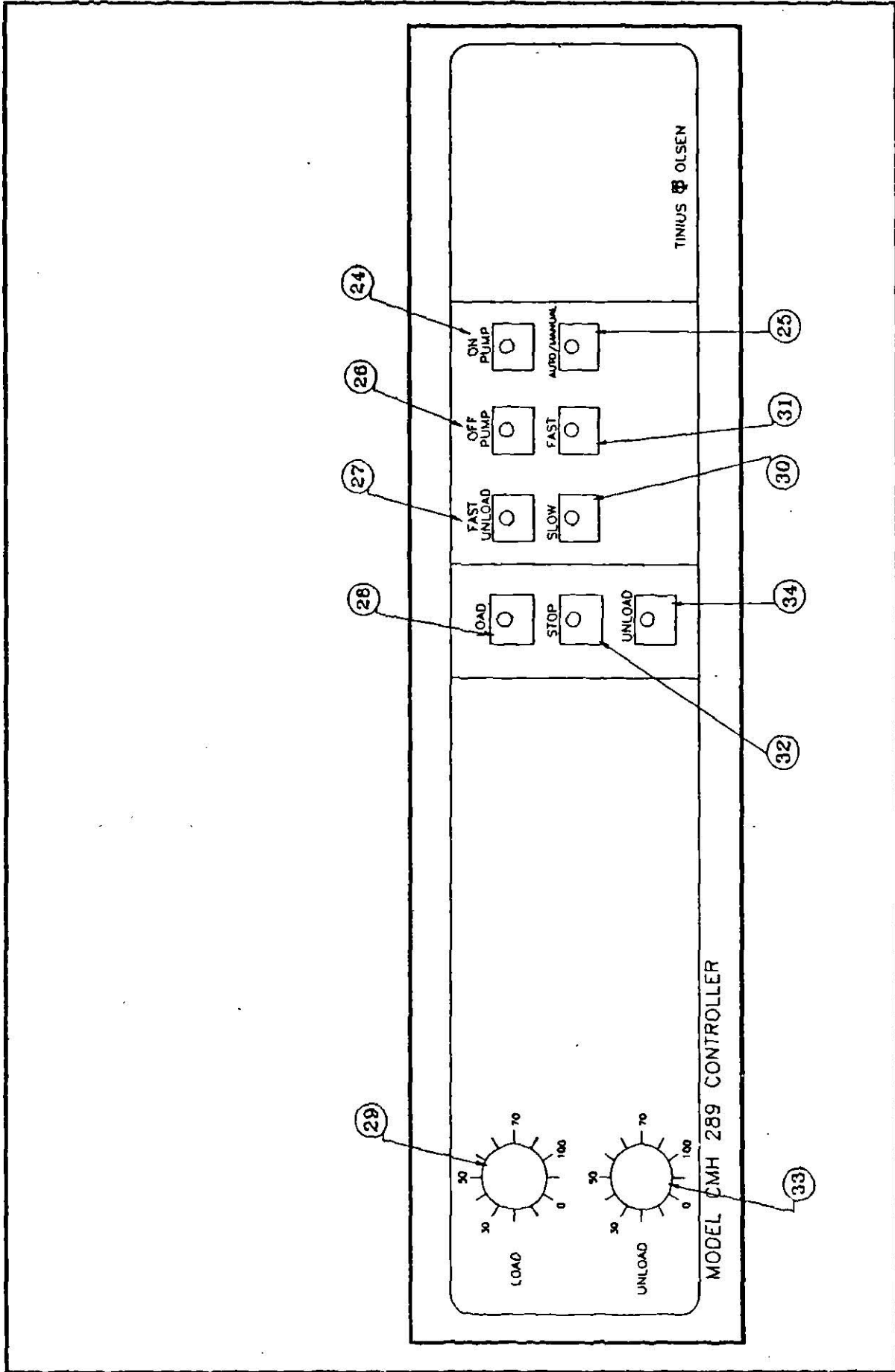
UNIDAD TECNICA	UNIDAD INGLESA	UNIDAD ABSOLUTA (S.I.)
(Kg.)	(Lb.)	(Newtons)
1200	2400	12000
6000	12000	60000
30000	60000	300000
60000	120000	600000





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	DEPARTAMENTO DE MECANICA DE LOS MATERIALES	ELABORADO:M.C. DANIEL RAMIREZ REVISO:ING. JESUS BENAVIDES O. ING. PEDRO ALVAREZ R. AUXILIAR: FLAVIO FLORES RDZ. ALEJANDRO J. ACOSTA T.	MAQUINA UNIVERSAL PRACTICA # 1
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA	LABORATORIO DE MECANICA DE MATERIALES I		ESCALA: 1:25 PARTE: 1 / 4 - 0949596





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	DEPARTAMENTO DE MECANICA DE LOS MATERIALES  LABORATORIO DE MECANICA DE MATERIALES I	ELABORADO:M.C. DANIEL RAMIREZ REVISO:ING. JESUS BENAVIDES O. ING. PEDRO ALVAREZ R. AUXILIAR: FLAVIO FLORES RDZ. ALEJANDRO J. ACOSTA T.	MAQUINA UNIVERSAL PRACTICA # 1  ESCALA: 1:25 PARTE: 1 / 4 ~ 0949598
---------------------------------------	---	--	---



Peso, lb

1.263

OD, cm

N/A

Calibre#

Area, cm<sup>2</sup>

Modulus, kgf/cm<sup>2</sup>

Ult, kgf

OS 0.2%, kgf/cm<sup>2</sup>

Ult, kgf/cm<sup>2</sup>

Man TE, %

R Area, %

Dureza

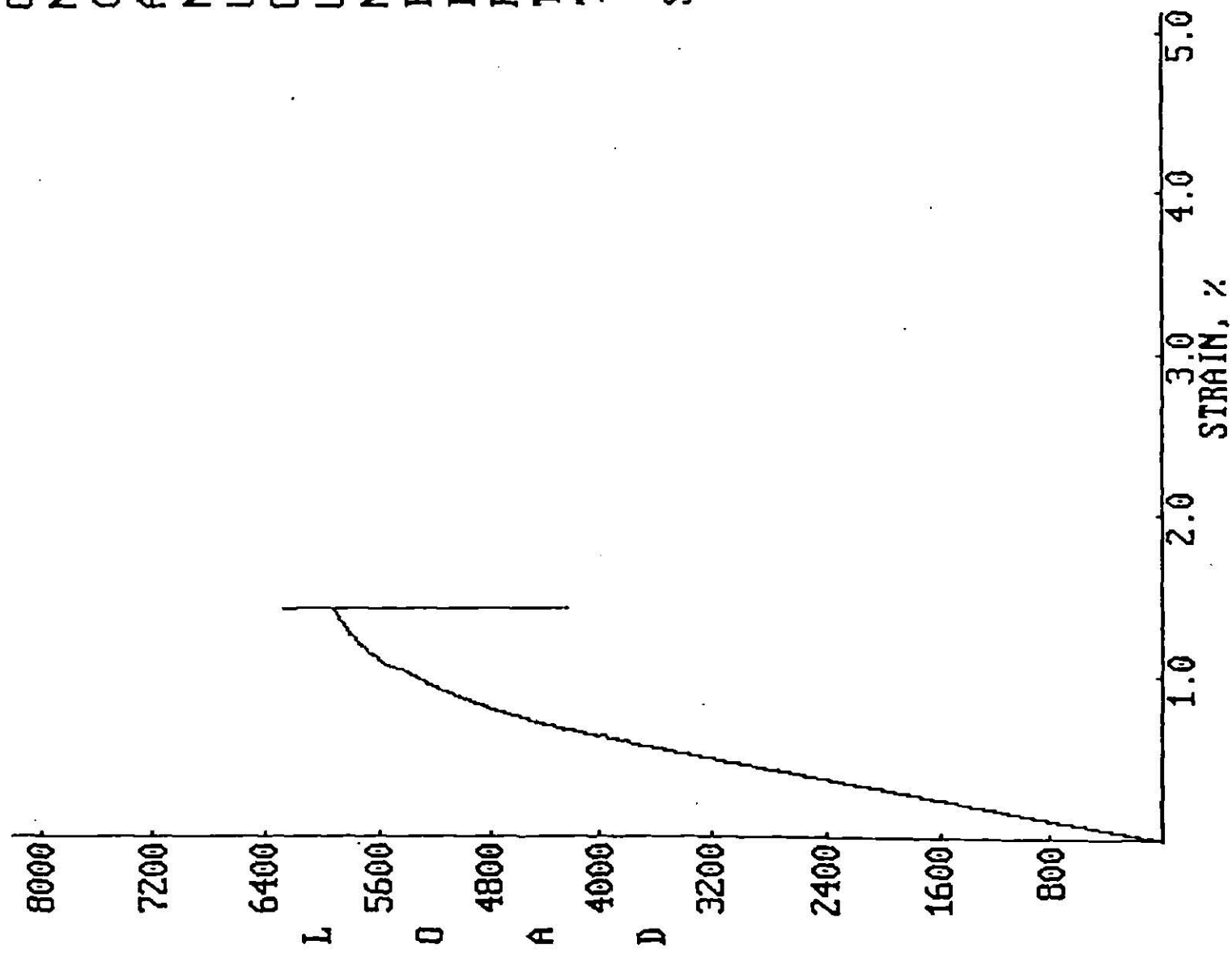
R.E.U, kg-cm/cm<sup>3</sup>

T.U., kg-cm/cm<sup>3</sup>

T Falla

como pa

Specimen Break



CURSO  
acero rolado en frio  
M.C. DANIEL RAMIREZ V  
TENSION 4  
10:57:10am 13-Jul-96

Parameter File Name  
Direccion y Telefono  
Especimen/Muestra  
Instructor  
Nombre de la Práctica  
Time/Date of Test

STARTUP  
ANTONIO A. TAMEZ  
01  
JULIO 1996

Test Config File Name  
Empresa/Cliente  
At'n  
Calibre  
Brigada  
Periodo Escolar

**Universidad Autonoma de Nuevo Leon**  
**Facultad de Ingenieria**  
**Mecanica Y Electrica**  
**Departamentos Mecanica de los Materiales**

Ensayo de Tension, .2% Punto de Cedencia

Load Range, kgf	8000 SP	Test Config Filename	STARTUP
Stress Range, kg/mm <sup>2</sup>		Parameter Filename	CURSO
Pre-Yield Strain Range,	5	Empresa/Cliente	ANTONIO A. TAMEZ
Extensometer MRX/GL(mm)	20 / 47.9	Direccion y Telefono.	
Machine Control File	TENSION	At'n	
Result Filename	EJEMPLAR	Especimen/Muestra	acero rolado en frio
		Calibre	
		Instructor	M.C. DANIEL RAMIREZ
		Brigada	01
		Nombre de la Practica	TENSION 4
		Periodo Escolar	JULIO 1996

QZA/No	OD	N/A	Calibre#	Area	Modulus	Ult	OS @.2%	Ult	Man TE	R Area	Dureza	R.E.U	T.U.	T Falla
	cm			cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	%	%		kg-cs/cm <sup>3</sup>	kg-cs/cm <sup>3</sup>	
	1.263			1.25284	525000	6290	4336.0	5023.4	25.0	52.3		25.0	43.3	cono parci

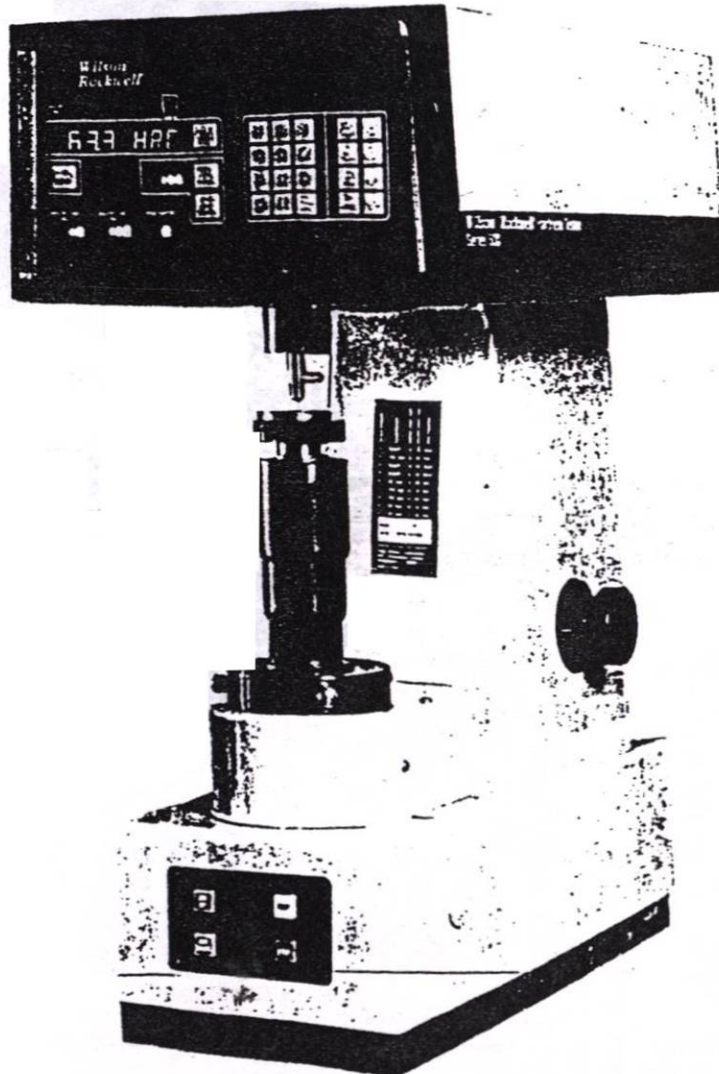
Saturday, July 13, 1996 11:03am

**SE ANEXAN ALGUNOS MODELOS DE EQUIPOS DE PRUEBAS  
MEC. DE LAS DIFERENTES EMPRESAS DISTRIBUIDORAS**

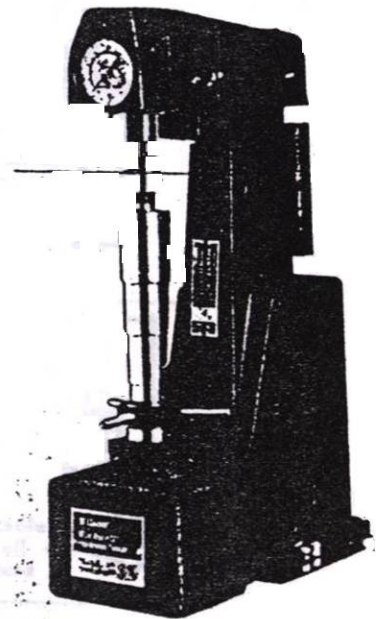
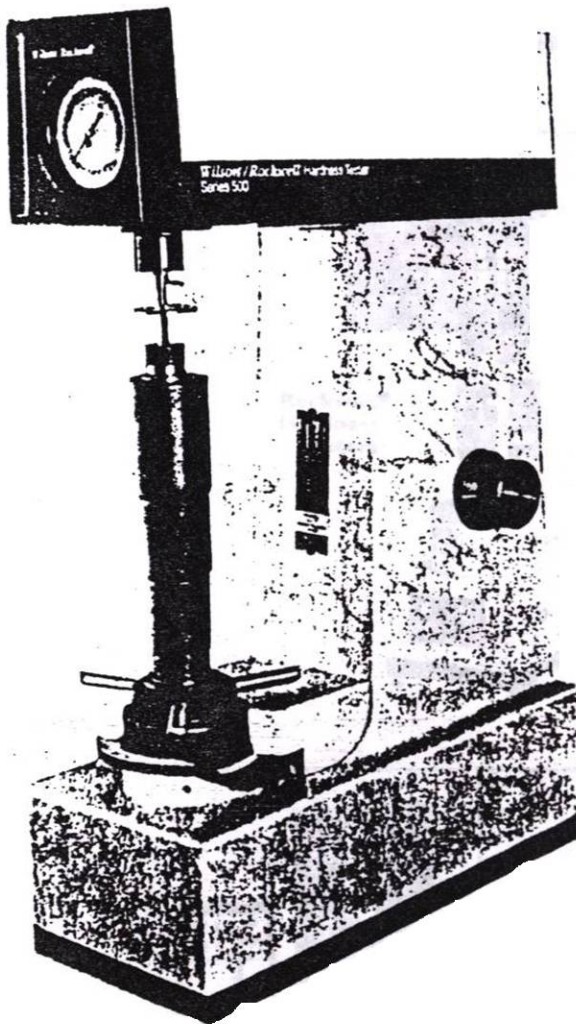
**NOTA:**

Estas maquinas deben de estar en buen estado , calibradas y certificadas para su uso. esto dependerá de las recomendaciones que haga el fabricante de las mismas.

**MAQUINA DE DUREZA ROCKWELL  
DIGITAL**

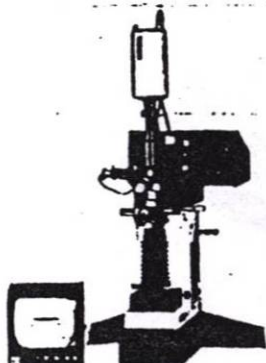


## MAQUINAS DE DUREZA ROCKWELL ANALOGICA

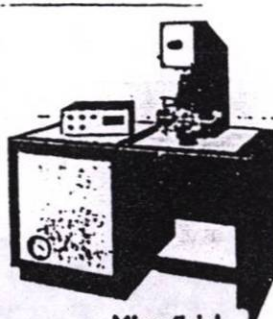




## EQUIPOS DE MEDICION DE DUREZA



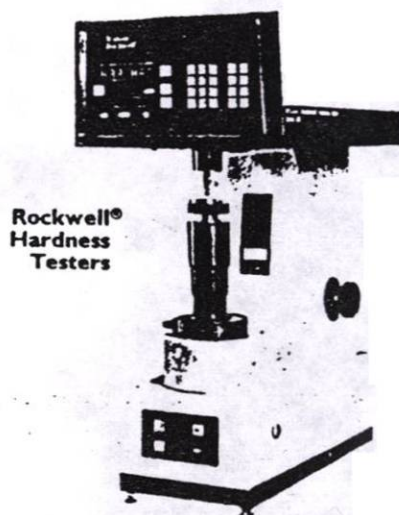
Microhardness Testers  
(shown here with video display)



Microficial  
Hardness Testers



Hardness Testing  
Accessories



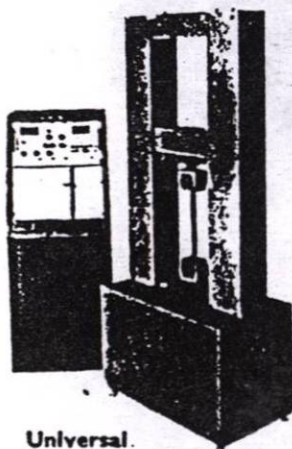
Rockwell®  
Hardness  
Testers



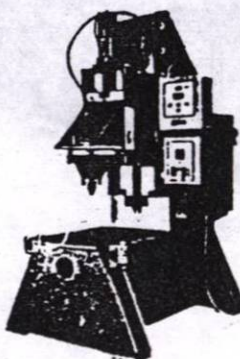
Portable  
Hardness  
Testers



Portable  
Brinell  
Testers



Universal  
Testing Machines

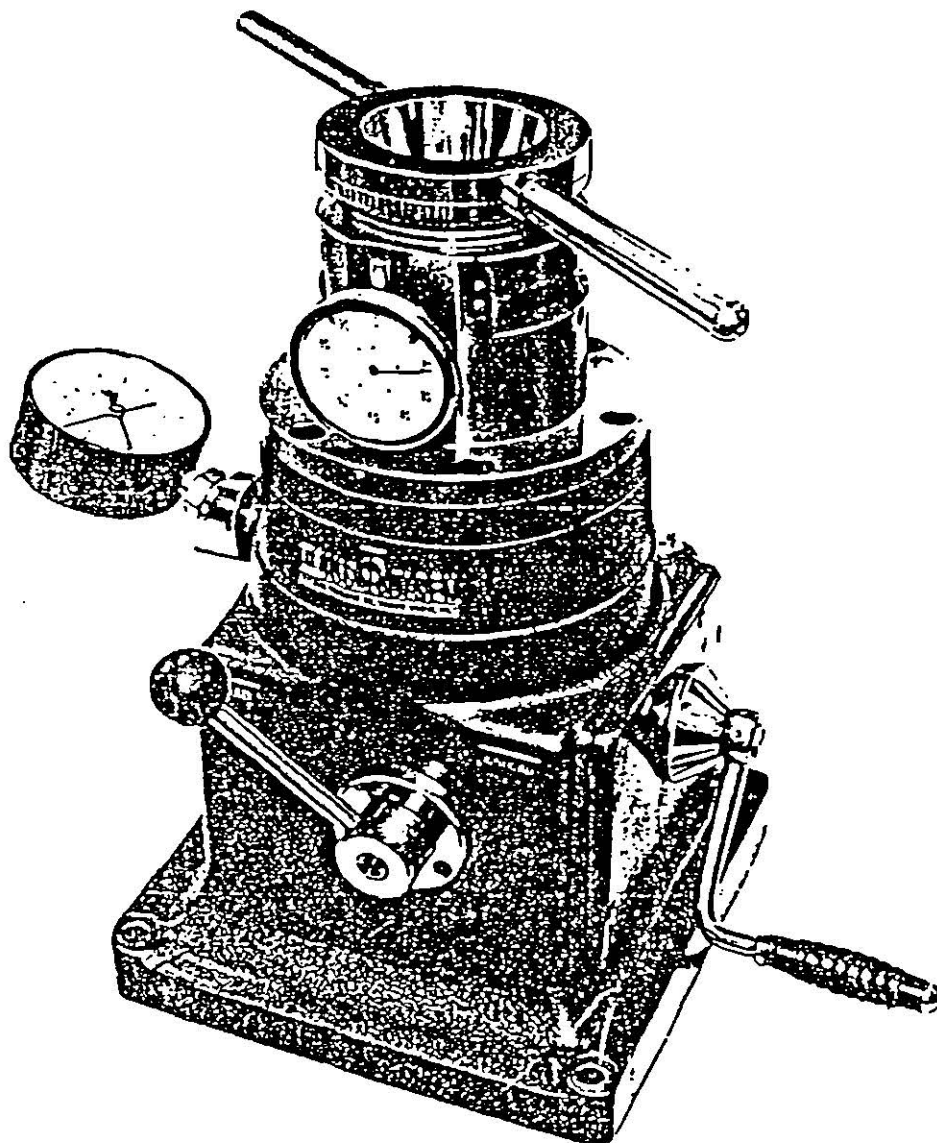


Automatic Hardness  
Testing Systems



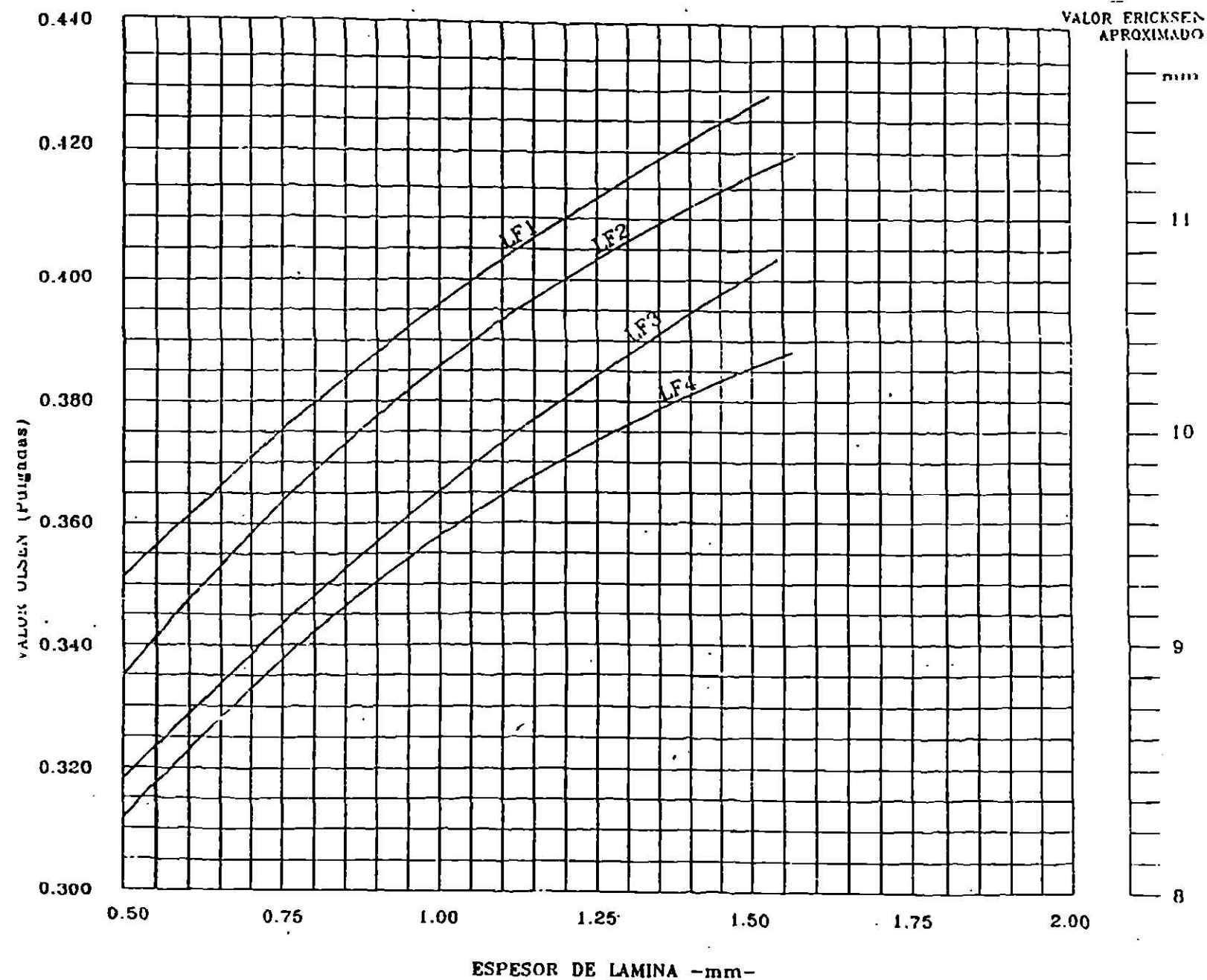
Brinell  
Hardness Testers

# **MAQUINAS DE COPA OLSEN (ENSAYOS DE DUCTILIDAD)**



## PRUEBA DE COPA

Profundidad mínima de copa Ericksen y Olsen para láminas reducidas en frío



**LF1.-** Lamina troquelado o extraprofundo, no envejecimiento.

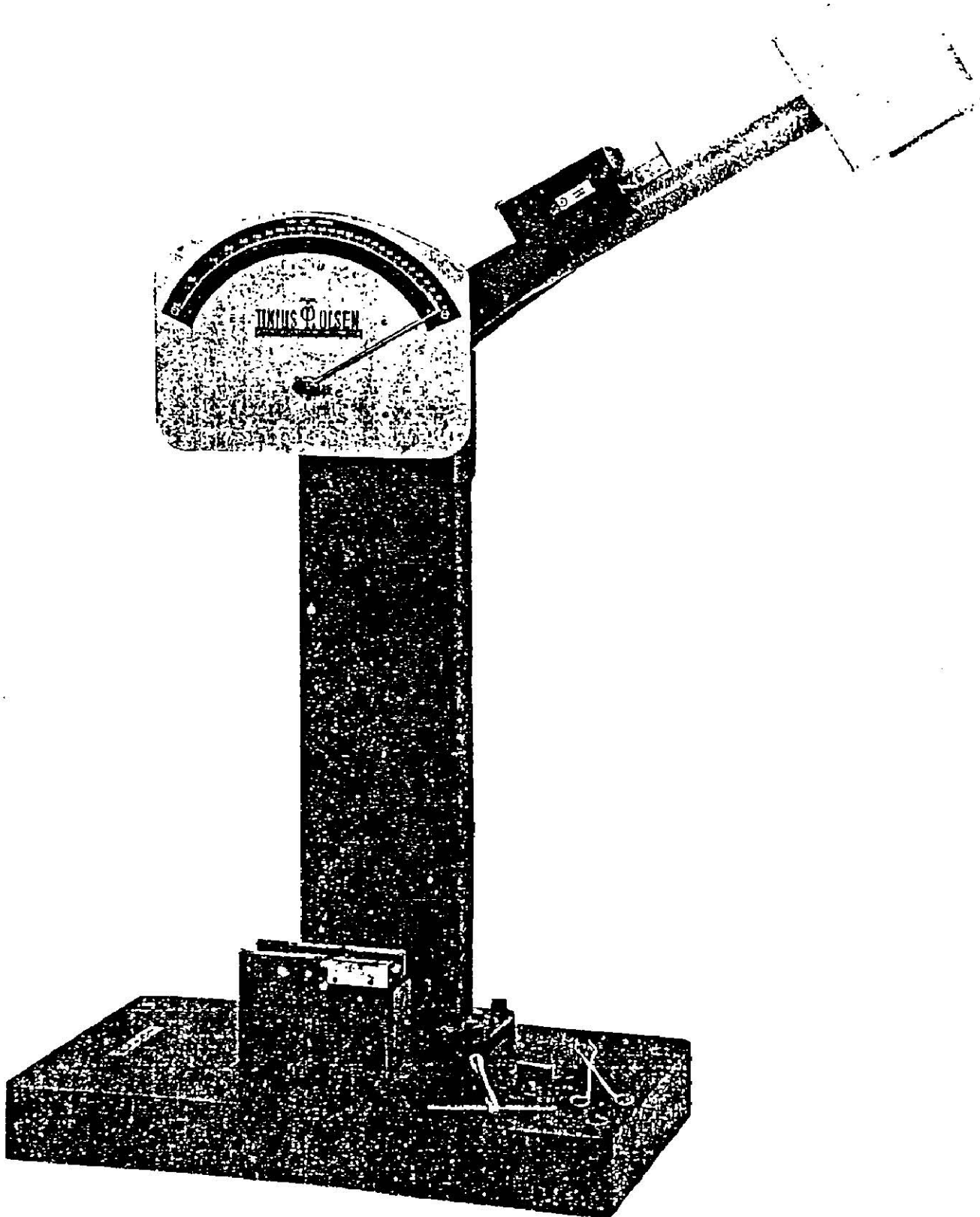
**LF2.-** Lamina troquelado o extraprofundo.

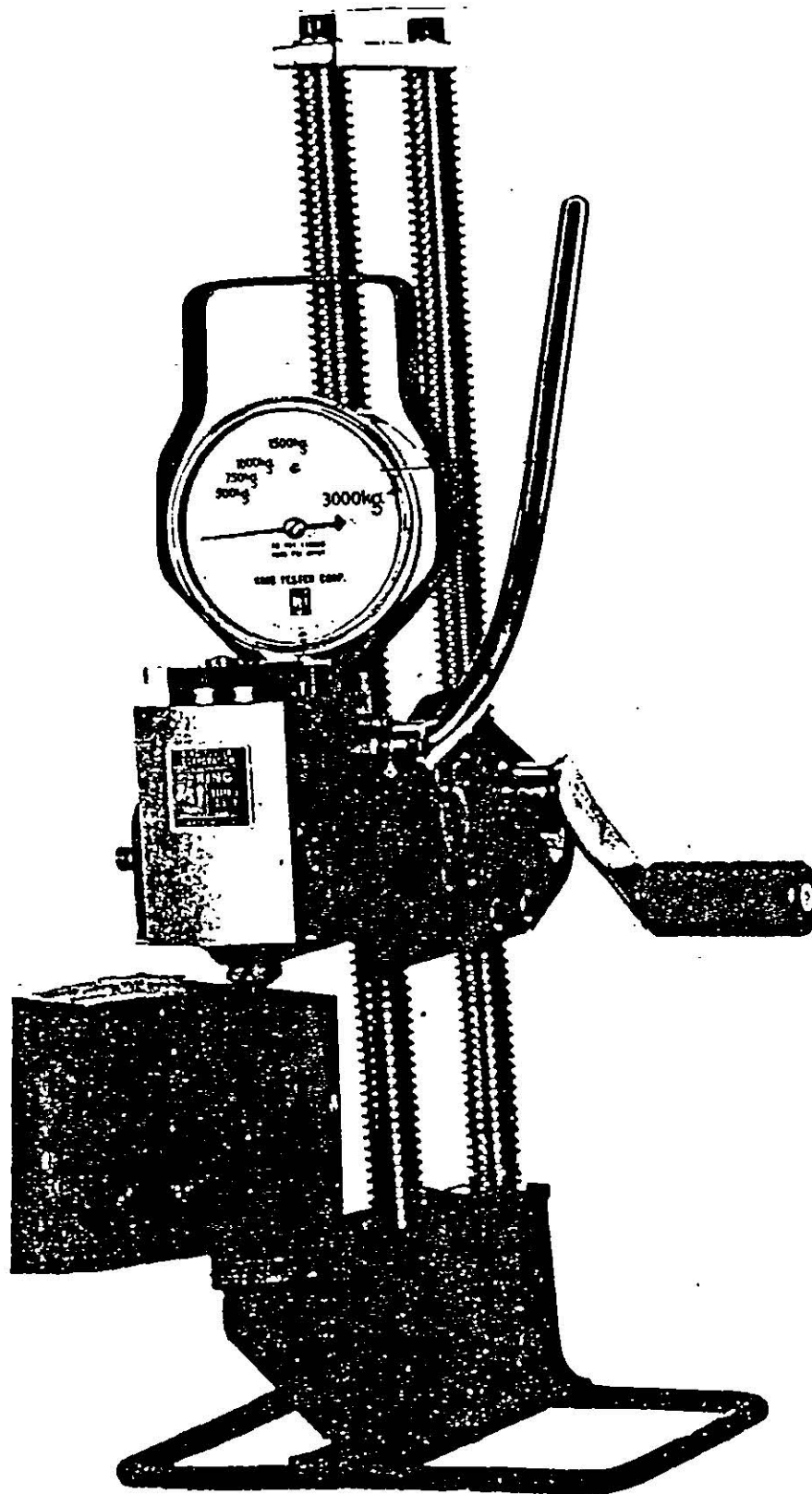
**LF3.-** Lamina troquelado profundo.

**LF4.-** Lamina troquelados moderados.



## MAQUINA DE IMPACTO PARA METALES



**MAQUINA PARA PRUEBA DE DUREZA BRINELL**

**INSTRUMENTOS DE MEDICION**

Los instrumentos de medición que se requieren para obtener los datos iniciales y los finales sobre el espécimen o muestra son:

→ **CALIBRADOR PARA LECTURAS DE DIMENSIONES LINEALES. DE TIPO :**

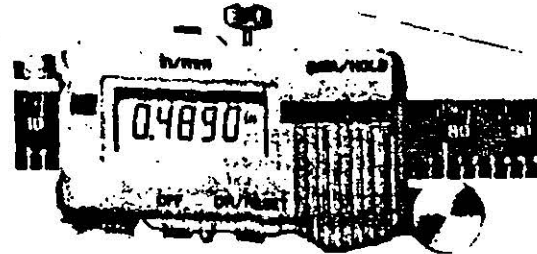
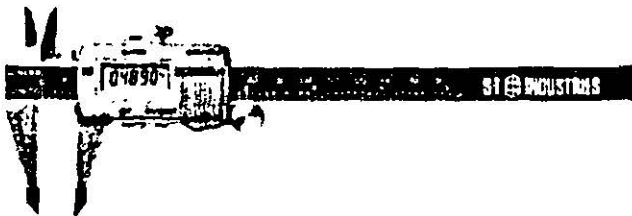
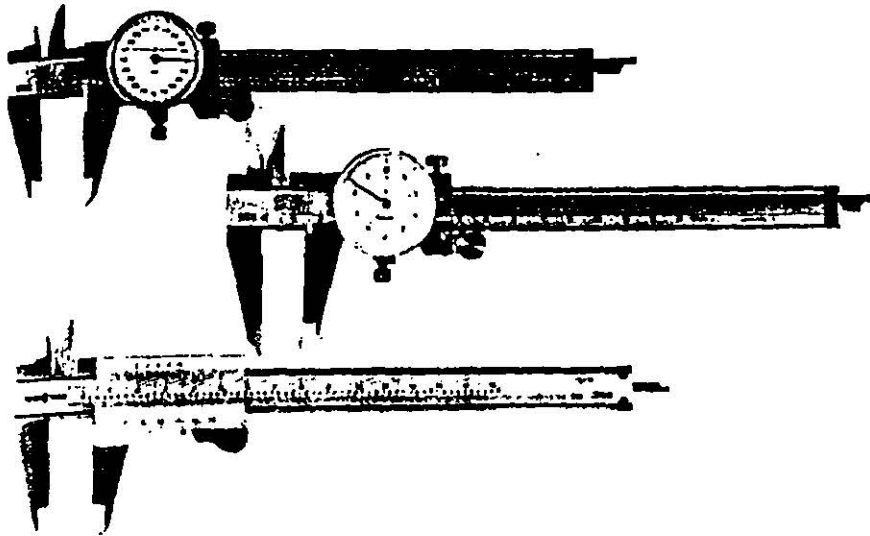
- ♣ **VERNIER:**
- ♣ **DE CARATULA**
- ♣ **DIGITALES**

→ **CINTA METRICA O FLEXOMETRO.**

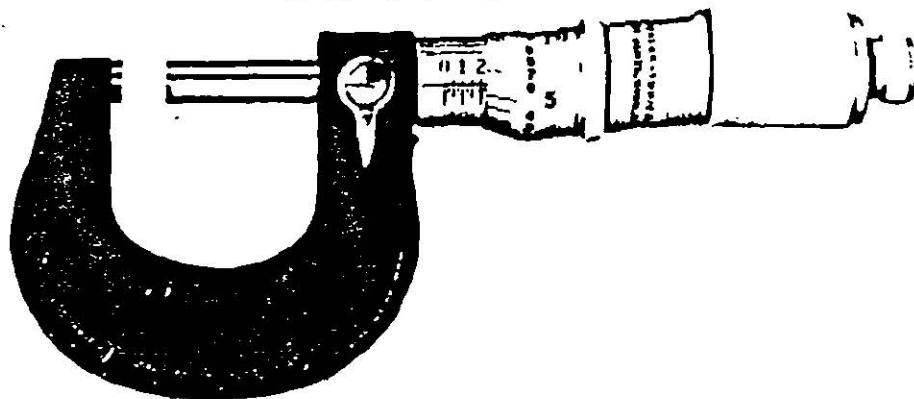
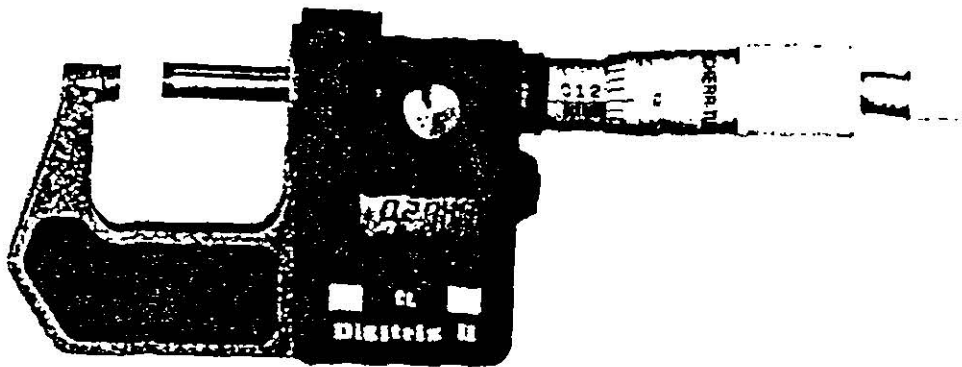
→ **CALIBRADOR DE TIPO MICROMETROS** para la lectura de espesores, interiores, exteriores.

→ **EXTENSOMETRO** para la medición de desplazamientos lineales de :

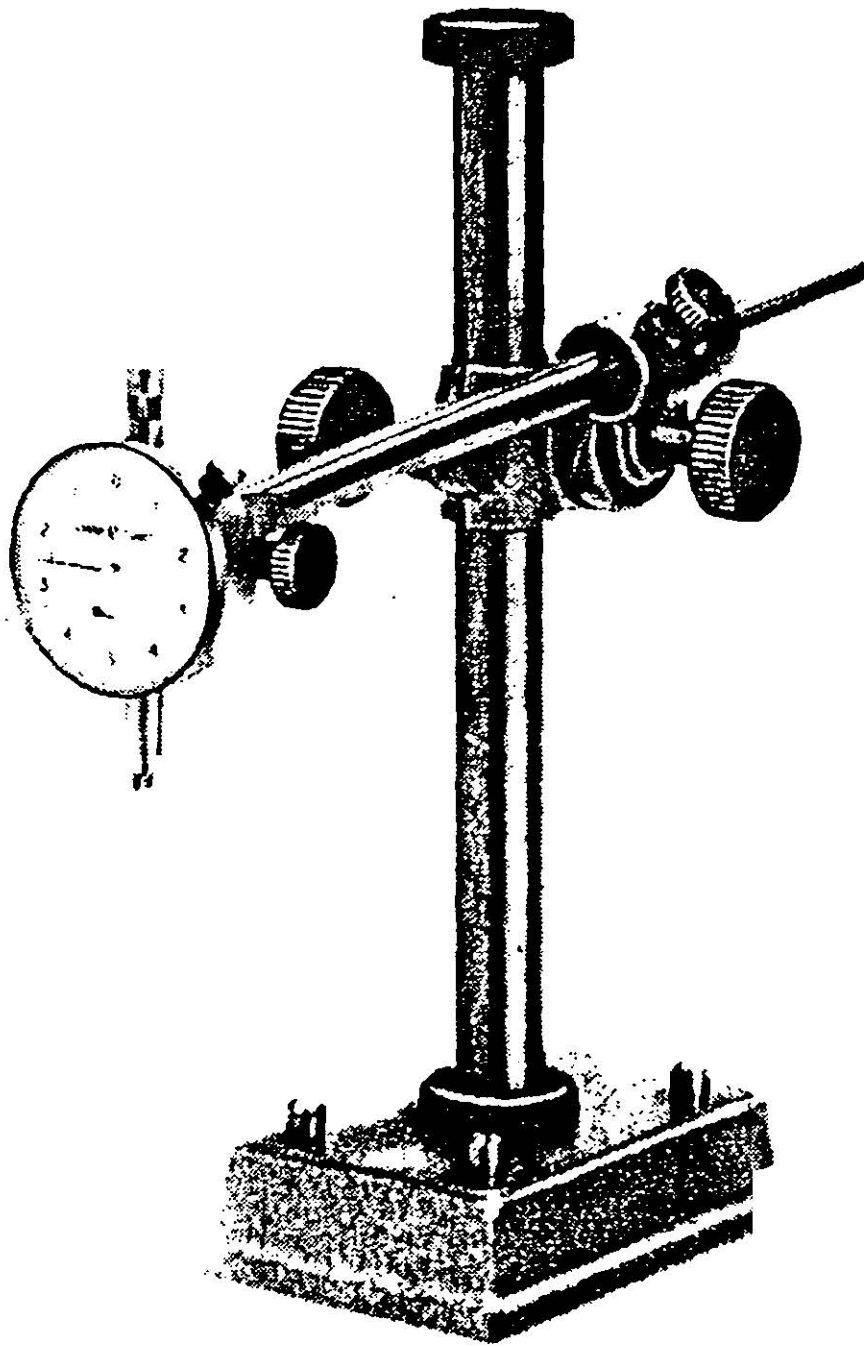
- ♣ **CARATULA**
- ♣ **DIGITALES**

**VERNIER DIGITAL, DE CARATULA Y MECANICO**

## MICROMETROS MECANICOS Y DIGITALES



## EXTENSOMETRO DE CARATULA



**→ INDICADOR DE DEFORMACION (PUENTE DE WHEASTONTE)**

Considerando los **Straingages** o medidores de deformación eléctricos que se pegan o instrumentan en la pieza a probar para determinar la deformación punto por punto y en cualquier dirección que se desee o requiera.

**→ MEDIDOR DE DEFORMACION ELECTRICO:** para colocarlo directamente sobre el material y detectar a través del graficador o en pantalla del monitor de la microcomputadora, si se tiene una maq. programable (automatizada por medio del software) el punto de cedencia del material a probar.

**→ PLANIMETRO:** para la obtención de las áreas de la gráfica de esfuerzo contra deformación para determinar la resiliencia, tenacidad unitarios. Y pueden ser del tipo:

**MECANICO  
DE CARATULA  
DIGITAL**

**NOTA :**

Todos estos instrumentos de medición deben de estar en **buen estado, calibrados y certificados** para su uso al igual que si tienen caducidad verificar su reposición ya que influyen en los resultados de las características dimensionales de la pieza o espécimen, al igual que en las propiedades y características mecánicas del material o producto.



**5.-REALIZACION DE ENSAYOS DE TENSION,COMPRESION  
CORTE, DUREZA Y DUCTILIDAD**

**CASO PRACTICO**

• **ENSAYO ESTATICO TENSION**

Estandar: ASTM E-8

Material: Acero rolado en frio.

Diámetro inicial= 0.5 pulgadas.

Longitud de calibración=2 pulgadas.

Longitud recta= 2.25 pulgadas.

El caso practico se desarrollo en el modo automático de la máquina obteniendose los resultados de las características y propiedades del material a probar que a continuación se presentan en el gráfico siguiente.

**BIBLIOGRAFIA****1.- ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES****AUTOR : DAVIS, TROXELL Y WISKOCIL****EDITORIAL: H.A.R.L.A.****2.- TOMOS DE LA A.S.T.M. PARA METALES Y POLIMEROS****3.- LA CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES.****AUTOR: DONALD R. ASKELAND.****4.- POLIMEROS Y CERAMICOS.****MEMORIAS DE SEMINARIO DE POLIMEROS Y CERAMICOS****5.- CATALOGOS MANUALES DE OP. DE MAQUINAS, ACCESORIOS Y****ADITAMENTOS PARA C/U. DE LOS ENSAYES.****FABRICANTE :TINIUS OLSEN .Pa. U.S.A.****6.- EXPEDIENTE DE PRUEBAS MECANICAS A LA INDUSTRIA PARA DIVERSOS MATERIALES Y PRODUCTOS.****REALIZADAS POR :ING.DANIEL RAMIREZ V. A TRAVES DE LOS LAB. DE PRUEBAS MEC. DE LA F.I.M.E. -U.A.N.L.(DESDE 1974 A LA FECHA.)****7.- MATERIALES PARA INGENIERIA.****AUTOR . VAN BLACK**

