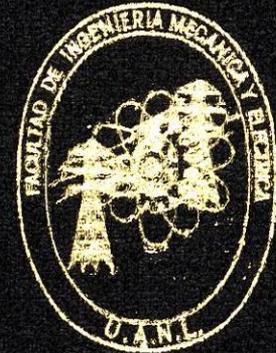


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL  
DE LA CARRERA DE INGENIERO MECANICO  
ADMINISTRADOR

PRESENTA

IVONNE ELIZABETH SAUCEDO ESTRADA

CURSO

PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES  
EXPOSITOR: M. C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

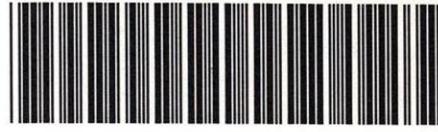
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
DICIEMBRE DE 1995

F

TA410

S2

C.1



1080064432

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



MEMORIA PARA EXAMEN PROFESIONAL  
DE LA CARRERA DE INGENIERO MECANICO  
ADMINISTRADOR

PRESENTA

IVONNE ELIZABETH SAUCEDO ESTRADA

CURSO

PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES  
EXPOSITOR: M. C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
DICIEMBRE DE 1995

7  
TA4L0  
52



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

*Handwritten signature*



BU Raúl Rangel Frías  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**MEMORIAS PARA EXÁMEN PROFESIONAL DE LA CARRERA  
DE  
INGENIERO MECÁNICO ADMINISTRADOR**

**PRESENTA:**

**IVONNE ELIZABETH SAUCEDO ESTRADA**

**CURSO:**

**PRUEBAS MECÁNICAS EN LOS MATERIALES**

**EXPOSITOR:**

**M.C. DANIEL RAMÍREZ VILLARREAL**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN; DICIEMBRE DE 1995**

# **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS, POR DARME UNA MADRE MARAVILLOSA
- A MIS PADRES, SRA. MA. GONZALA ESTRADA DE SAUCEDO Y SR., EZEQUIEL SAUCEDO PLATA, POR SU GRAN APOYO Y PERMITIR ESTA REALIDAD, AUN CON TODO Y ADVERSIDADES
- A MI HERMANITA, RUBI ALEJANDRA SAUCEDO ESTRADA, POR SER EL MOTIVO PARA SEGUIR SIEMPRE
- A MIS HERMANAS, LAURA LETICIA, GRACIELA ESMERALDA, Y PERLA LIZZET POR AGUANTAR TANTO Y SOBRE TODO POR NO PERDER LA FE EN QUE LO LOGRARIA
- A LOS INGS. MIGUEL CARROLA, GERARDO FRUTOS, MIGUEL CUPICH, CESAR GUERRA, DANIEL RAMIREZ, RUBEN CHAVEZ Y JOSE LUIS GARZA, POR SER MAS QUE MAESTROS, AMIGOS Y EXCELENTES PERSONAS
- A ZULLY, CLAUDIA Y GALA, POR ESTAR AHI SIEMPRE Y EMPUJARME CADA VEZ QUE HIZO FALTA
- A MIRIAM, LUCY, CRISTINA, CATHY Y MAYANIN POR SU MARAVILLOSA AMISTAD Y SU INVALUABLE APOYO EN TODAS LAS SITUACIONES
- A ROBERTO, JUAN , Y RUBEN, POR DEJARME UN RECUERDO IMBORRABLE DE AMISTAD
- A ERICK, ENRIQUE, MAURICIO, ROGER Y GEORGE POR ESCUCHARME TANTO SIEMPRE
- A JIMMY Y DANIEL POR UBICARME SIEMPRE EN LA REALIDAD E INSPIRARME TODA LA PAZ QUE NECESITO
- A RUBEN BENAVIDES (POR LA MAQUINA, AUNQUE TU NI EN CUENTA)
- A ZULLY RUIZ (POR LAS DESVELADAS Y EL GORROTE)
- A CRISTINA RIOS (POR LOS DIBUJOS)
- A MAYANIN VILLARREAL (POR LA TRADUCCION)
- A MAURICIO RAMIREZ, MIGUEL CARROLA, RUSIA ARELLANO, Y FAUSTINO FLORES (POR LOS LIBROS)
- A PABLO GONZALEZ (POR LAS BITACORAS)
- A LAURA SANTOS, NANCY GARZA Y FAUSTINO FLORES POR SER EL EJEMPLO A SEGUIR.

**CON MUCHO CARIÑO Y RESPETO**

**IVONNE ELIZABETH SAUCEDO ESTRADA**

# **CURSO-TESIS**

## **PRUEBAS MECANICAS EN LOS MATERIALES**

### **INDICE**

1.- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

2.- ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES:

METALES

POLÍMEROS

3.- PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS BÁSICAS

4.- MAQUINAS, ACCESORIOS, ADITAMENTOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

5.- REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS ESTÁTICOS DE TENSIÓN, COMPRESIÓN, CORTE DIRECTO, FLEXIÓN, DUREZA Y DUCTILIDAD

6. ANEXOS

# 1.- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

## 1.- FERROSOS

ACEROS

ORDINARIOS

ALEADOS

FUNDICIONES

GRISES

NODULAR

FERRITICA

PERLITICA

BLANCAS

H. MARTENSITICOS

ESPECIALES ALEACIONES

## 2.- NO FERROSOS

COBRE Y SUS ALEACIONES

ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

NÍQUEL, CROMO, ESTAÑO, ETC.

## 3.- ORGÁNICOS

MADERA

POLÍMEROS

ELASTOMEROS

## 4.- INORGÁNICOS

FIBRAS COMPUESTAS

CERÁMICOS

VIDRIOS

MINERALES

LA MATERIA PRIMA PARA FABRICAR CUALQUIER PARTE DE MÁQUINA, O LA MÁQUINA MISMA, TIENE TAL DIVERSIDAD DE PROPIEDADES QUE AÚN CONSIDERANDO EL COSTO, CASI SIEMPRE ES DIFÍCIL DECIDIR SOBRE EL MATERIAL MÁS IDÓNEO PARA UN TRABAJO DETERMINADO. UN MATERIAL PODRÁ TENER MAYOR RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS, OTRO MEJORES PROPIEDADES PARA RESISTIR LA CORROSIÓN, Y TODAVÍA OTRO PODRÁ SER MÁS ECONÓMICO. EN CONSECUENCIA, LA MAYORÍA DE LAS SELECCIONES ES UN COMPROMISO ENTRE UNA GRAN CANTIDAD DE MATERIALES, UTILIZANDO LOS MEJORES DATOS DE INGENIERÍA Y EL JUICIO DISPONIBLE. POR EJEMPLO, EL COBRE SE PUEDE ALEAR EN CIENTOS DE FORMAS PARA PRODUCIR MUCHOS MATERIALES CON PROPIEDADES ESPECIALES.

EN GENERAL LOS MATERIALES SE CLASIFICAN COMO:

A. METÁLICOS

1. FERROSOS

2. NO FERROSOS

B. NO METÁLICOS

ORGÁNICOS

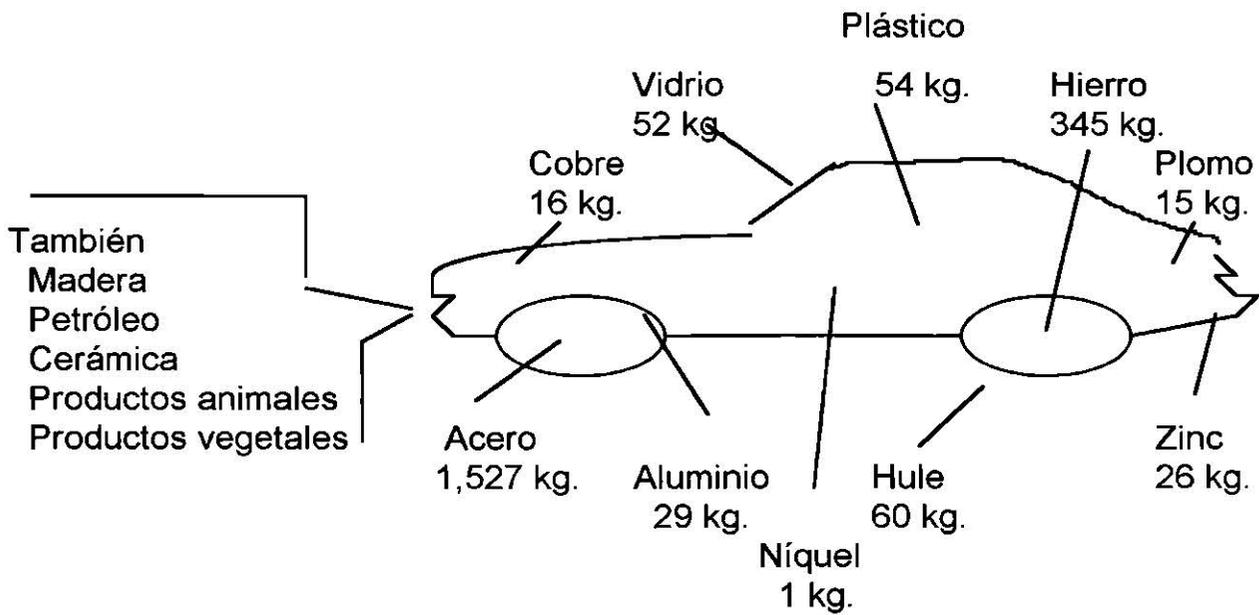
INORGÁNICOS

LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA LOS PRINCIPALES METALES USADOS EN PROCESOS DE MANUFACTURA, ASÍ COMO ALGUNAS DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS IMPORTANTES. LOS VALORES INDICAN EL RANGO APROXIMADO DE PROPIEDADES QUE PUEDES SER ESPERADOS DEPENDIENDO DE LA ALEACIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO. LOS METALES NO FERROSOS SON POR LO GENERAL INFERIORES EN RESISTENCIA , PERO SUPERIORES EN RESISTENCIA A LA CORROSIÓN COMPARADOS CON LOS METALES FERROSOS; ÉSTOS SON MÁS COSTOSOS Y SÓLO SE USAN CUANDO PROPIEDADES ESPECIALES LOS GARANTIZAN.

<b>Metal</b>	<b><u>Resistencia a la tensión</u></b> <b>MPa</b>	<b>Ductilidad (%)</b>	<b><u>Punto Fusión</u></b> <b>C</b>	<b>Dureza Brinell</b>
<b><i>Ferrosos</i></b>				
Fundición Gris	Hierro 110-207	0-1	1370	100-150
Hierro Maleable	276-345	1-20	1360	100-145
Acero	276-2070	15-22	1425	110-500
Fundición Blanco	Hierro 310	0-1	1370	450
Hierro Forzado	242-324	30-35	1540	0-110
<b><i>No Ferrosos</i></b>				
Aluminio	83-310	10-35	660	30-100
Cobre	345-689	5-50	1080	50-100
Magnesio	83-345	9-15	650	30-60
Níquel	41401103	15040	1450	90-250
Plomo	18-23	25-40	325	32-4.5
Titanio	552-1034		1800	158-266
Fundición Zinc	48-90	2-10	785	80-100

LOS MATERIALES NO METÁLICOS ESTÁN CLASIFICADOS COMO ORGÁNICOS SI CONTIENEN CÉLULAS VEGETALES O ANIMALES(VIVAS O MUERTAS) O CARBÓN. LA PIEL O MADERO SON EJEMPLOS. LOS MATERIALES QUE SE CLASIFICAN COMO INORGÁNICOS SI SON OTROS QUE ANIMAL, VEGETAL O RELACIONADOS CON CARBÓN. ESA ES LA DIFERENCIA FUNDAMENTAL ENTRE MATERIALES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.

LOS MATERIALES ORGÁNICOS PUEDEN USUALMENTE DISOLVERSE EN LÍQUIDOS ORGÁNICOS, PERO NO PUEDEN DISOLVERSE EN AGUA. EN GENERAL, LOS MATERIALES INORGÁNICOS RESISTEN EL CALOR MÁS EFECTIVAMENTE QUE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS.



UN NÚMERO DE MATERIALES SE OBTIENEN NECESARIAMENTE EN PRODUCTOS MANUFACTURADOS CON FINURA. EN LA FIGURA ANTERIOR SE DAN LOS MATERIALES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE UN AUTOMÓVIL.

LA SELECCIÓN ENTRE METÁLICOS Y NO METÁLICOS Y ENTRE ORGÁNICOS E INORGÁNICOS ES UN COMPROMISO ENTRE CARACTERÍSTICAS DE SERVICIO Y COSTO.

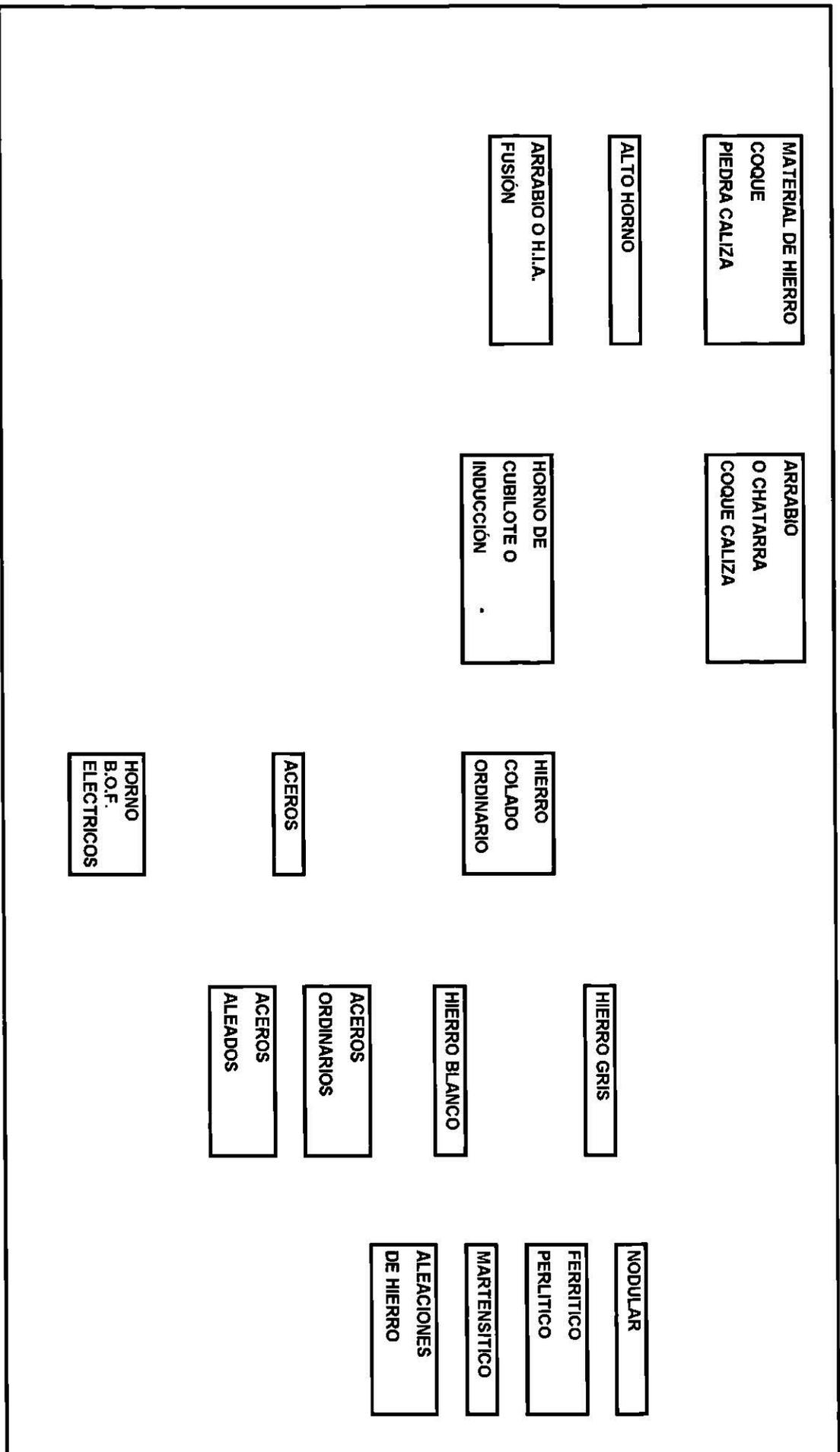
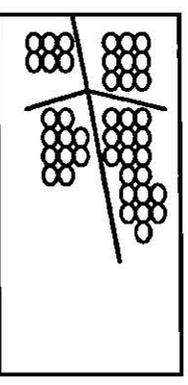
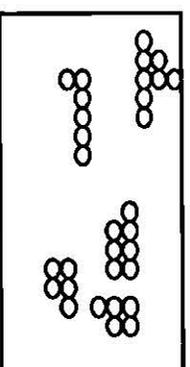
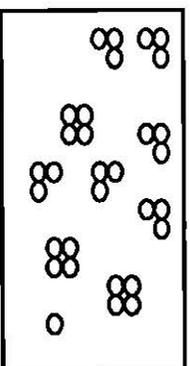
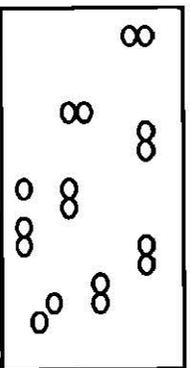


DIAGRAMA DE OBTENCION DEL HIERRO Y EL ACERO

## MECANISMOS DE CRISTALIZACION EN LOS METALES

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

TEMP. NORMAL      ALTA \_\_\_\_\_ TEMP.

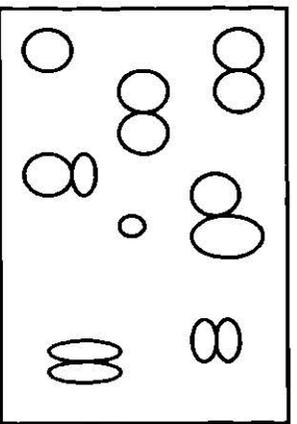


FORMACION DE NUCLEOS DE ATOMOS

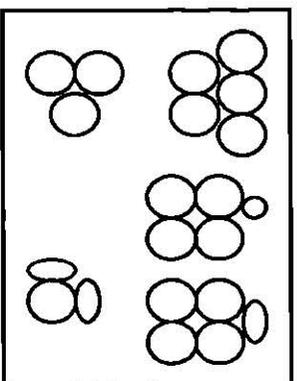
FORMACION DE DENDRITAS

CRECIMIENTO DE CRISTALES

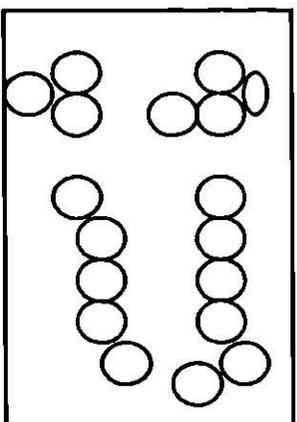
FORMACION DE LIMITES DE GRANO



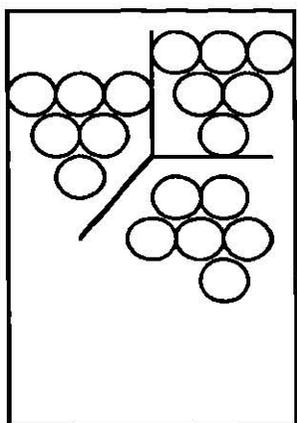
FORMACION DE NUCLEOS  
DE ATOMOS



FORMACION DE  
DE DENDRITAS



CRECIMIENTO DE  
DE CRISTALES



FORMACION DE  
LIMITES DE  
GRANO

## **2.-ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES**

**PARA METALES.-** SU ESTRUCTURA ESTA COMPUESTA POR AGRUPAMIENTO DE ATOMOS

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

- GASEOSOS
- LIQUIDOS
- SOLIDOS

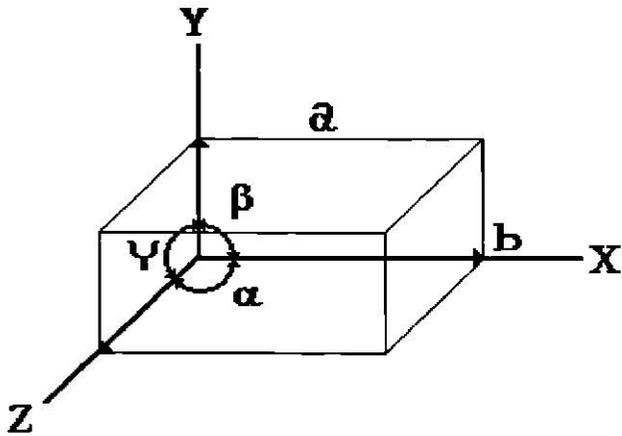
**-TIPOS DE ENLACES**

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

**RED O ESTRUCTURA CRISTALINA.-** AGRUPACION DE ATOMOS EN FORMA ORDENADA DENOMINADAS CELDILLAS ESPECIALES,

**CARACTERISTICAS DE LA RED**

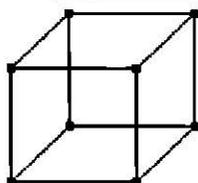
- SUS LONGITUDES
- SUS ANGULOS



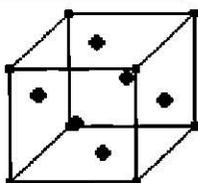
## LOS SIETE SISTEMAS CRISTALINOS

- 1.-MONOCICLICO    SIMPLE  
DE EXTREMOS CERRADOS
  
- 2.-TRICICLICO    SIMPLE
  
- 3.HEXAGONAL    CON EXTREMOS CENTRADOS
  
- 4.-ROMBOEDRICO    SIMPLE
  
- 5.-ORTORROMBICO SIMPLE  
CUERPO CENTRADO  
EXTREMOS CENTRADOS  
CARAS CENTRADAS
  
- 6.-TETRAGONAL    SIMPLE  
CUERPO CENTRADO
  
- 7.-CUBICO    SIMPLE  
CUERPO CENTRADO  
CARAS CENTRADAS

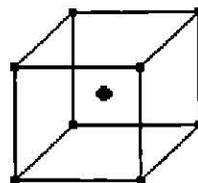
## REDES ESPACIALES O TIPOS DE ESTRUCTURA CRISTALINAS



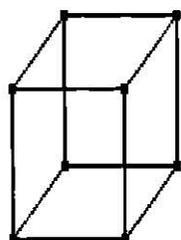
Cúbica simple



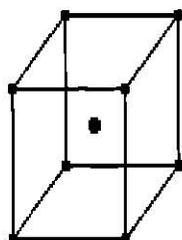
Cúbica centrada en las caras



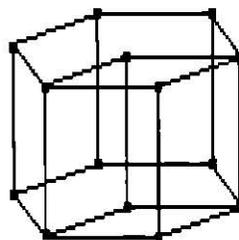
Cúbica centrada en el cuerpo



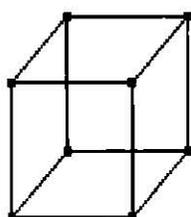
Tetragonal simple



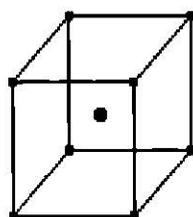
Tetragonal centrada en el cuerpo



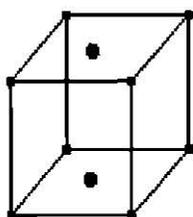
Hexagonal



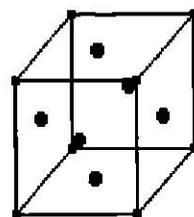
Ortorrómbica simple



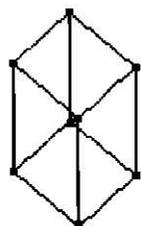
Ortorrómbica centrada en el cuerpo



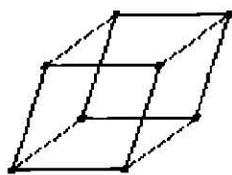
Ortorrómbica centrada en las bases



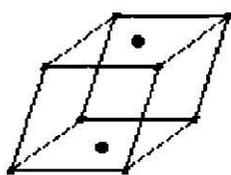
Ortorrómbica centrada en las caras



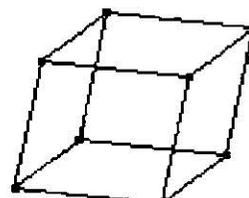
Romboédrica



Monoclínica simple



Monoclínica centrada en las bases



Triclínica

Los siete sistemas de estructura cristalina y las 14 redes de Bravais.

## SISTEMAS DE CRISTALIZACION MAS COMUNES

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

## \*EN METALES

## DEFECTOS O IMPERFECCIONES DEL CRISTAL

- VACANCIAS
- INSTERTICIOS
- DISLOCAIONES (BORDE Y HELICOIDALES)

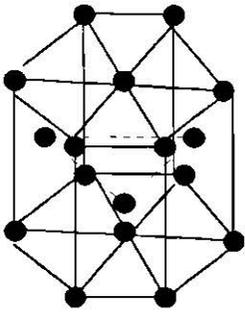
POLOMORFISMO O ALOTROPIA ES CUANDO EL MATREIAL SE PRESENTA EN VARIAS FORMAS.

## ESTRUCTURA DE LOS METALES

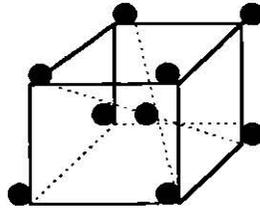
### ESTADO FÍSICO.

AUNQUE LOS METALES PUEDEN EXISTIR COMO VAPOR, LÍQUIDO O SÓLIDO, POR LO GENERAL SON USADOS EN SU FORMA SÓLIDA. PUESTO QUE TODAS LAS SUSTANCIAS ESTÁN COMPUESTAS POR ÁTOMOS CADA CUAL CON SUS CARACTERÍSTICAS PARTICULARES, LOS MISMOS ÁTOMOS EXISTEN, SEA QUE EL METAL ESTÉ EN FORMA GASEOSA, LÍQUIDA O SÓLIDA. LA DISTANCIA ENTRE ÁTOMOS EN GASES ES GRANDE, CONTANDO PARA SU BAJA DENSIDAD. EN LÍQUIDOS, LOS ÁTOMOS ESTÁN JUNTOS Y SE MUEVEN ALREDEDOR EN TODAS DIRECCIONES AL AZAR; DE ESTO MODO LOS LÍQUIDOS NO TIENEN FORMA PERMANENTE. CUANDO EL ENVASE CAMBIA LA FORMA, EL LÍQUIDO TOMA UNA NUEVA FORMA SUJETA A LAS PAREDES RETENIDAS DEL ENVASE. ALGUNOS MATERIALES, COMO VIDRIO, SON LLAMADOS AMORFOS PORQUE ESTOS SON UN LÍQUIDO QUE FUE SOLIDIFICADO. SIN EMBARGO, ALLÍ ESTÁ POR SIEMPRE UNA ESTRUCTURA ATÓMICA NO DEFINIDA, YA QUE LOS ÁTOMOS EXISTEN EN UN MODELO JUSTO AL AZAR COMO EN UN LÍQUIDO.

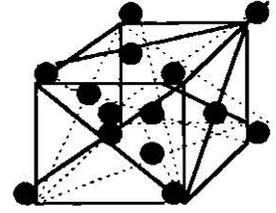
TODOS LOS METALES SÓLIDOS Y MUCHOS OTROS MATERIALES SON DE NATURALEZA CRISTALINA, Y LOS ÁTOMOS SE ALINEAN A SI MISMOS EN UN MODELO GEOMÉTRICO YA SOLIDIFICADO. ESTE MODELO DE ÁTOMOS FORMA LA MALLA EN EL ESPACIO DEL MATERIAL. LAS CELDAS UNITARIAS DE VARIAS FORMAS DE MALLAS EN EL ESPACIO APARECEN EN LA SIGUIENTE FIGURA.



A



B



C

Estructura de malla en el espacio. A. Malla hexagonal compacta, B Malla cúbica de cuerpo centrado C Malla cúbica de cara centrada.

ALGUNOS MATERIALES SÓLIDOS, TALES COMO EL HIERRO, PUEDEN TENER MÁS DE UNA ESTRUCTURA DE MALLA A DIFERENTES TEMPERATURAS. ESTE TIPO DE CAMBIO ES LLAMADO ALOTRÓPICO.

CUALQUIER MATERIAL QUE SE PRESENTE EN VARIAS FORMAS DE CRISTALES, SE LE CONOCE COMO ALOTRÓPICO O POLIFORMO, Y DICHO MATERIAL PODRÁ TENER PROPIEDADES DIFERENTES.

LA MALLA HEXAGONAL COMPACTA, ESTRUCTURA QUE ESTÁ GEOMÉTRICAMENTE DESCRITA EN A.

LA MALLA CÚBICA DE CUERPO CENTRADO TIENE ÁTOMOS EN LOS VÉRTICES DE UN CUBO Y UN ÁTOMO EN EL CENTRO COMO EN B.

LA MALLA CÚBICA DE CARA CENTRADA, TIENE ÁTOMOS EN LOS VÉRTICES DE UN CUBO Y UN ÁTOMO EN EL CENTRO DE CADA CARA, COMO EN C.

LAS PROPIEDADES DE UN METAL SE PUEDEN PREDECIR, HASTA CIERTO GRADO, POR EL TIPO DE ESTRUCTURA DE SU MALLA. LA ESTRUCTURA HEXAGONAL COMPACTA, INDICA GENERALMENTE QUE HA PERDIDO SU DUCTILIDAD Y SE HACE CADA VEZ MÁS FRÁGIL CUANDO SE LE DOBLA O LABRA EN MÁQUINA. LOS MATERIALES CON MALLA CÚBICA DE CARA CENTRADA, SON POR LO GENERAL MÁS DÚCTILES.

## FORMACIÓN DE GRANO

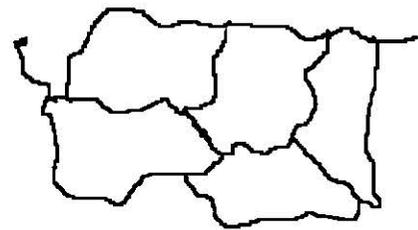
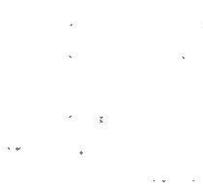
CUANDO UN METAL SOLIDIFICA, LOS ÁTOMOS SE ACOMODAN A SI MISMOS GEOMÉTRICAMENTE. LA FORMACIÓN INICIAL DE LA MALLA EN UN LÍQUIDO QUE SOLIDIFICA DA LUGAR A UN NÚCLEO PARA LOS CRISTALES QUE VAN A CRECER EN FORMA ORDENADA; ESTO ES, MANTENDRÁN SU MODELO DE MALLA Y CADA MALLA SUCESIVA IRÁ CRECIENDO CON LA PRECEDENTE. MUCHOS DE ESTOS NÚCLEOS SE FORMAN EN UN LÍQUIDO A MEDIDA QUE COMIENZA LA SOLIDIFICACIÓN, PERO LA DIRECCIÓN EN LA CUAL QUEDA ORIENTADO NÚCLEO INICIAL ES AL AZAR. LA FIGURA,(A) ILUSTRA ESQUEMÁTICAMENTE LA FORMA DE CRECIMIENTO DE LOS CRISTALES.

LA MAYORÍA DE LOS CRISTALES NO SE DESARROLLAN UNIFORMEMENTE Y EN CAMBIO PROGRESAN CON MÁS RAPIDEZ EN UNA DIRECCIÓN QUE EN OTRA. COMO EL CRECIMIENTO DE LOS CRISTALES AVANZA, LOS CRISTALES FRONTALES SE RAMIFICAN EN FORMA DE ÁRBOL. DICHO CRECIMIENTO SE LLAMA DENDRÍTICO, Y LA FORMACIÓN DE CRISTALES ES LLAMADA DENDRITA. EL CRECIMIENTO ES CASI SIEMPRE DESIGUAL CON LAS RAMAS DE LA DENDRITA ENGROSANDO, O FORMÁNDOSE NUEVAS RAMAS A MEDIDA QUE PROGRESA LA SOLIDIFICACIÓN. LA FIGURA (B) MUESTRA EL DESARROLLO COMPLETO DE LOS LÍMITES DE GRANO DE DIFERENTES CRISTALES.

Fase sólida

Fase líquida

Limites de granos



A

B

Crecimiento de los cristales para formar granos. A. crecimiento de los cristales, B granos.

UN METAL CON GRANOS FINOS O PEQUEÑOS PUEDE TENER RESISTENCIA SUPERIOR Y COMO UNA DUREZA COMPARADA AL MISMO METAL CON GRANOS GRANDES. ESTO ES, PORQUE, CON LOS ÁTOMOS JUNTOS ES MAS DIFÍCIL QUE SE PRESENTE UNA "INTERFERENCIA DESLIZANTE" EN LA ESTRUCTURA DE MALLA CUANDO UNA FUERZA DEFORMADORA ES APLICADA.

## **EXAMEN MICROSCÓPICO**

EL EXAMEN DE UNA MUESTRA PULIDA DE METAL, SIN MAS AYUDA QUE EL OJO, RARA VEZ REVELA ALGUNA CARACTERÍSTICA QUE LA DISTINGA DE CUALQUIER OTRO METAL. EMPLEANDO UN MICROSCOPIO METALÚRGICO PARA EXAMINAR UN ESPÉCIMEN PULIDO, REVELA LOS CONSTITUYENTES DE ALGUNOS METALES ASÍ COMO LAS REGULARIDADES DE LA SUPERFICIE EXAMINADA. LA OPERACIÓN DE PULIDO CREA UNA SUPERFICIE SEMEJANTE A LA DE UN ESPEJO, PERO QUEDA UNA CAPA DE METAL DELGADA, CONOCIDA COMO METAL UNTADO EL CUAL PREVIENE UN ANÁLISIS CRÍTICO, SI SE QUEDA EN EL ESPÉCIMEN. SI LA MUESTRA ES ATACADA CON UNA SOLUCIÓN QUÍMICA CONVENIENTE, EL METAL UNTADO ES REMOVIDO, LA SUPERFICIE SE HACE LIGERAMENTE OPACA, LOS LÍMITES DE LOS GRANOS SE DISUELVEN PARCIALMENTE, Y CIERTOS CONSTITUYENTES SE REVELAN DEPENDIENDO DE LA ACCIÓN SELECTIVA DEL REACTIVO.

## **METALES FERROSOS.**

LOS SIGUIENTES PROCESOS DE REFINACIÓN DE LA MENA EN MATERIALES FERROSOS, SE MOLDEAN EN LINGOTES U OTRAS FORMAS DEPENDIENDO DEL ANÁLISIS DEL METAL Y USO ANTICIPADO.

### **HIERRO DULCE.**

ES UN METAL FERROSO QUE CONTIENE MENOS DEL 0.1% DE CARBONO, CON 1 A 3 % DE ESCORIA FINALMENTE DIVIDIDA Y DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE EN TODAS PARTES DEL METAL. LOS DOS PROCEDIMIENTOS

QUE SE UTILIZAN PARA PRODUCIRLOS SON: EL PROCESO DE PUDELADO Y EL PROCESO ASTON.

ESTE METAL SE EMPLEA PRINCIPALMENTE EN LA PRODUCCIÓN DE TUBOS Y OTROS PRODUCTOS SOMETIDOS AL DETERIORO POR OXIDACIÓN. OTRAS VENTAJAS DIFERENTES DE SU RESISTENCIA A LA CORROSIÓN, INCLUYEN SU FACILIDAD PARA SER SOLDADO, ALTA DUCTILIDAD Y SU HABILIDAD PARA CONSERVAR LAS CAPAS PROTECTORAS QUE SE LE APLIQUEN.

**EL ACERO.**

ES UNA ALEACIÓN CRISTALIZADA DE HIERRO, CARBONO Y OTROS VARIOS ELEMENTOS, QUE ENDURECE CUANDO SE LE ENFRÍA BRUSCAMENTE DESPUÉS DE ESTAR ARRIBA DE SU TEMPERATURA CRÍTICA. NO CONTIENE ESCORIA Y SE PUEDE MOLDEAR, LAMINAR O FORJAR. EL CARBONO ES UN CONSTITUYENTE MUY IMPORTANTE, POR SU HABILIDAD PARA AUMENTAR LA DUREZA Y LA RESISTENCIA DEL ACERO.

EL ACERO SE CLASIFICA DE ACUERDO CON LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN QUE CONTIENE. EL ACERO AL CARBONO, CONTIENE PRINCIPALMENTE HIERRO Y CARBONO Y SE LE CLASIFICA COMO ACEROS 10XX, EN DONDE LOS DOS PRIMEROS DÍGITOS SE REFIEREN A LOS ACEROS AL CARBONO. EL TERCER Y CUARTO DÍGITO, SE REFIEREN AL CONTENIDO DE CARBONO EN CENTÉSIMOS DE PORCENTAJES.

LOS ACEROS SE PUEDEN CLASIFICAR MÁS AMPLIAMENTE COMO SIGUE:

**A. ACEROS AL CARBÓN**

1. DE BAJO CARBONO (MENOS DE 0.30%)
2. DE MEDIO CARBONO (0.30 A 0.70%)
3. DE ALTO CARBONO (0.70 A 1.40%)

**B. ACEROS ALEADOS**

1. DE BAJA ALEACIÓN (LOS ELEMENTOS ESPECIALES DE ALEACIÓN SUMAN MENOS DEL 8.0%)
2. DE ALTA ALEACIÓN (LOS ELEMENTOS ESPECIALES DE ALEACIÓN SUMAN ARRIBA DEL 8.0%)

## **HIERRO FUNDIDO**

ES UN TÉRMINO GENERAL APLICADO A UNA AMPLIA VARIEDAD DE ALEACIONES HIERRO-CARBONO-SILICIO, ADEMÁS DE PEQUEÑOS PORCENTAJES DE OTROS ELEMENTOS. VIENE A SER UN HIERRO, QUE CONTIENE MUCHO CARBONO O SU EQUIVALENTE Y QUE NO ES MALEABLE. ES UN TANTO OBVIO QUE EL HIERRO FUNDIDO TIENE UNA GRAN VARIEDAD DE PROPIEDADES, YA QUE PEQUEÑOS PORCENTAJES EN LAS VARIACIONES DE SUS ELEMENTOS, PUEDEN OCASIONARLE CAMBIOS CONSIDERABLES. LLEVA EN SU COMPOSICIÓN CUANDO MENOS SEIS ELEMENTOS.

**HIERRO DE PRIMERA FUSIÓN.** ESTE HIERRO PRODUCTO DEL ALTO HORNO, SE CONOCE COMO ARRABIO; NO ES ADECUADO PARA LAS MAYORÍA DE LAS FUNDICIONES COMERCIALES.

**FUNDICIÓN GRIS.** ES EL HIERRO COMERCIAL ORDINARIO LLAMADO ASÍ, POR EL COLOR GRISÁCEO DE SU FRACTURA. ES DE ESTE COLOR, DEBIDO A QUE EL CARBONO SE ENCUENTRE PRINCIPALMENTE EN FORMA DE GRAFITO ESCAMOSO. LA FUNDICIÓN GRIS ES FÁCIL DE MECANIZAR Y TIENE UNA ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. LA RESISTENCIA A LA TENSION, VARÍA DE 140 A 415 MPA, PERO LA DUCTILIDAD, ES POR LO GENERAL BAJA. LOS PORCENTAJES DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS, PUEDEN VARIAR CONSIDERABLEMENTE.

**FUNDICIÓN BLANCA.** ESTE HIERRO, MUESTRA UNA FRACTURA BLANCA, PORQUE EL CARBONO ESTÁ EN LA FORMA DE CARBURO, EL  $Fe_3C$ . EL CARBURO, CONOCIDO COMO CEMENTITA, ES EL CONSTITUYENTE MÁS DURO DEL HIERRO. LA FUNDICIÓN, CON ALTO CONTENIDO DE CARBURO NO ES MECANIZABLE.

LA FUNDICIÓN BLANCA SE PUEDE PRODUCIR POR VACIADO EN MOLDES FRÍOS O POR REGULARIZACIÓN DEL ANÁLISIS. LAS ENFRIADERAS SE UTILIZAN CUANDO SE DESEA UNA SUPERFICIE DURA, RESISTENTE AL DESGASTE.

**HIERRO FUNDIDO MOTEADO.** ES UN PRODUCTO INTERMEDIO ENTRE LAS FUNDICIONES GRIS Y BLANCO. NUEVAMENTE EL NOMBRE DERIVA DEL ASPECTO DE LA FRACTURA. SE OBTIENE EN FUNDICIONES EN LAS QUE SE HAN ENDURECIDO CIERTAS SUPERFICIES QUE HAN DE QUEDAR SOMETIDAS A DESGASTE.

**HIERRO FUNDIDO MALEABLE.** IGUAL QUE EN LA FUNDICIÓN BLANCA. SE UTILIZAN DIFERENTES TIPOS DE HORNO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HIERRO MALEABLE, INCLUYENDO EL CUBILOTE Y EL HORNO DE AIRE. EL HIERRO MALEABLE TIENE UNA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE MÁS O MENOS 380 MPA, Y ALARGAMIENTO DE UN 18%. EL HIERRO MALEABLE, QUE TIENE CONSIDERABLE RESISTENCIA AL IMPACTO Y BUENAS PROPIEDADES DE MECANIZADO, SE USA PRINCIPALMENTE EN LAS INDUSTRIAS FERROVIARIAS, AUTOMOTRIZ, DE CONEXIONES PARA TUBERÍAS Y DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.

**HIERRO NODULAR.** CONTIENE EL CARBONO EN FORMA DE NÓDULOS DE GRAFITO Y EN LA ACTUALIDAD SE PRODUCE, AÑADIÉNDOLE AL HIERRO GRIS PEQUEÑAS CANTIDADES DE AGENTES QUE CONTENGAN MAGNESIO, TALES COMO LAS ALEACIONES DE MAGNESIO-NÍQUEL O MAGNESIO-COBRE-FERROSILICIO. EL MAGNESIO REQUERIDO PARA PRODUCIR GRAFITO, DEPENDE DEL AZUFRE QUE ÉSTE PRESENTE.

## **PRODUCCION DE METALES NO FERROSOS**

EN VOLUMEN, MENOS DEL 20% DE LOS METALES QUE SE USAN PARA PRODUCTOS INDUSTRIALES NO SON FERROSOS. AUNQUE LOS METALES NO FERROSOS EN EL ESTADO PURO POSEEN ALGUNAS PROPIEDADES ÚTILES, ÉSTOS RARA VEZ SON UTILIZADOS EN PRODUCTOS INDUSTRIALES PORQUE ELLOS CARECEN DE ESTRUCTURAS RESISTENTES, POR ESTA RAZÓN, SE MEZCLAN CON UNO O MÁS DE OTROS ELEMENTOS PARA FORMAR UNA ALEACIÓN QUE TENGA PROPIEDADES PARTICULARES. LAS PROPIEDADES ESPECIALMENTE CARACTERÍSTICAS DE LAS ALEACIONES NO FERROSOS SON

LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, Y FACILIDAD DE FABRICACIÓN.

## **PROPIEDADES**

UNA DE LAS DIFERENCIAS ESENCIALES EN METALES ES LA DENSIDAD O UNIDAD DE MASA.

LA MAYORÍA DE LOS METALES NO FERROSOS SON MÁS RESISTENTES AL AGUA O HUMEDAD Y PUEDEN USARSE EN EXTERIORES SIN PINTURA O RECUBRIMIENTO. LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE CADA ALEACIÓN DEBE ESTUDIARSE CON SUMO DETALLE, PERO CADA UNO ES SELECCIONADO POR SUS CUALIDADES. EN GENERAL, LAS ALEACIONES NO FERROSAS CON ALTA DENSIDAD SON LAS MAS RESISTENTES A LA CORROSIÓN. SIN EMBARGO, EL ALUMINIO ES LA EXCEPCIÓN, PORQUE RÁPIDAMENTE SE FORMA UNA PELÍCULA DE ÓXIDO IMPERMEABLE EN LA SUPERFICIE QUE LO PROTEGE O QUE DISMINUYE EL EFECTO DE OTROS MATERIALES QUE CONTIENEN FUERTES ÁLCALIS.

LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS MATERIALES NO FERROSOS SON POR LO GENERAL SUPERIORES A LAS DEL HIERRO. LOS PUNTOS DE FUSIÓN DE LOS PRINCIPALES MATERIALES NO FERROSOS QUE SON FUNDIDOS VARÍAN DE 327 A 1438° C . LA TEMPERATURA DE VACIADO ES USUALMENTE ALREDEDOR DE 200 A 315 ° C, ARRIBA DEL PUNTO DE FUSIÓN. LOS MATERIALES NO FERROSOS PUEDEN SER FUNDIDOS, FORMADOS O MAQUINADOS CON VARIOS GRADOS DE DIFICULTAD.

## **METALES NO FERROSOS**

### **FUSIÓN**

INFORTUNADAMENTE, LOS MINERALES NO FERROSOS, RARA VEZ SE ENCUENTRAN EN ESTADO PURO Y EN CANTIDADES COMERCIALES. EN VIRTUD DE QUE DEBEN SER SEPARADOS DE LA GANGA ANTES DE QUE EL MINERAL SE PUEDA REDUCIR SE EFECTUARÁ UN PROCESO CONOCIDO COMO PREPARACIÓN DEL MINERAL. LA AFINIDAD DE LA MAYORÍA DE LOS METALES POR EL OXÍGENO

AUMENTA LA DIFICULTAD DE SEPARACIÓN Y RECUPERACIÓN. LA ÍNTIMA ASOCIACIÓN DE MUCHOS METALES NO FERROSOS ENTRE UNOS Y OTROS, AUMENTA LAS DIFICULTADES EN EL PROCESO DE FUSIÓN. LAS MENAS DE COBRE, PLOMO Y ZINC, SON OBTENIDOS CASI SIEMPRE EN LA MISMA MINA, Y SE TIENEN INFORMES DE QUE CUANDO MENOS SE PUEDEN RECUPERAR 21 ELEMENTOS DURANTE LA FUSIÓN, APARTE DE LA POSIBILIDAD DE OBTENER OTROS 9 QUE PUEDEN SER DESECHADOS, Y 3 QUE PUEDEN SER UTILIZADOS COMO CATALIZADORES EN EL PROCESO DE FUSIÓN.

### **HORNOS PARA FUNDICIONES NO FERROSAS**

EL ALTO HORNO UTILIZADO POR MUCHOS AÑOS PARA LA FUSIÓN DE COBRE, ESTAÑO Y OTROS METALES NO FERROSOS, ES DE LAS MISMAS PROPORCIONES, SÓLO QUE ES MÁS PEQUEÑO QUE EL HORNO UTILIZADO EN LA PRODUCCIÓN DEL ARRABIO. EL COMBUSTIBLE, USUALMENTE COQUE, ES MEZCLADO CON EL MINERAL Y LA COMBUSTIÓN SE SOSTIENE MEDIANTE UNA CORRIENTE DE AIRE FRÍO. EL COQUE O MANA NO DEBEN SER MENORES A 1CM DE DIÁMETRO O DE LO CONTRARIO LA CORRIENTE DE AIRE ASCENDENTE LO SACARÁ POR EL TIRO DEL HORNO. EN EL AFINO DE METALES NO FERROSOS, ADEMÁS DE LOS HORNOS SE USAN AMPLIAMENTE INSTALACIONES DE TOSTADO EN LAS CUALES SE OXIDAN LOS MINERALES SULFUROSOS.

### **PRODUCCIÓN DE ALUMINIO**

A PESAR DE QUE LA MENA DE ALUMINIO ES EL MÁS ABUNDANTE EN LA CORTEZA TERRESTRE, SÓLO LA BAUXITA HA PROBADO SER ECONÓMICAMENTE UNA FUENTE COMERCIAL DEL MINERAL DEL CUAL EL METAL PUEDE SER FUNDIDO. LA BAUXITA SE EXTRAE USUALMENTE DE LAS MINAS, POR EL MÉTODO DE DEPÓSITO ABIERTO, LUEGO SE TRITURA, ALGUNAS VECES SE LAVA PARA REMOVER ARCILLA Y SE SECA. ESTE ES REFINADO EN EL ÓXIDO DE ALUMINIO O ALÚMINA, COMO ES LLAMADO EN LA INDUSTRIA.

EL ALUMINIO METÁLICO ES PRODUCIDO POR PROCESOS ELECTROLÍTICOS QUE REDUCEN LA ALÚMINA EN EL OXÍGENO Y ALUMINIO.

## PRODUCCIÓN DE MAGNESIO Y PRODUCCIÓN DE COBRE

EL MAYOR TONELAJE DE MAGNESIO PRODUCIDO EN EL MUNDO UTILIZA LA SAL O AGUA DE MAR COMO "MINERAL".

LOS ESTADOS UNIDOS SON PRODUCTORES DE  $\frac{1}{4}$  PARTE DE COBRE EN EL MUNDO. LOS MINERALES, CONOCIDOS COMO CALCOPIRITA, CONTIENEN PRINCIPALMENTE  $\text{Cu}_2\text{S}$  Y  $\text{CuFeS}_2$  Y USUALMENTE YACEN DEBAJO DE LA MALEZA.

## FUNDICIÓN DE MATERIALES NO FERROSOS

LOS ELEMENTOS COMÚNMENTE USADOS EN FUNDICIONES NO FERROSAS SON COBRE, ALUMINIO, ZINC, ESTAÑO Y PLOMO. CASI SIEMPRE MUCHAS ALEACIONES CONTIENEN PEQUEÑAS CANTIDADES DE OTROS ELEMENTOS, TALES COMO ANTIMONIO, FÓSFORO, MANGANESO, NÍQUEL Y SILICIO.

LOS MÉTODOS EN FUNDICIÓN A LA ARENA PARA LA FABRICACIÓN DE NO FERROSOS DIFIEREN SÓLO UN POCO DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN FUNDICIONES DE HIERRO. LOS HORNOS DE CRISOL CON FRECUENCIA SE USAN PARA ESTE TRABAJO. ESTOS PUEDEN SER DEL TIPO ESTACIONARIO O EL BASCULANTE. EL COQUE POR LO COMÚN SE USA COMO COMBUSTIBLE PARA LOS HORNOS ESTACIONARIOS, AUNQUE LA GASOLINA Y EL GAS PUEDEN SER UTILIZADOS IGUALMENTE BIEN. LOS HORNOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA, ARCO INDIRECTO Y DE INDUCCIÓN TIENEN UN CONTROL DE TEMPERATURA EXACTO Y BAJAS PÉRDIDAS EN LA FUSIÓN, SI SE USAN BAJO CIERTAS CONDICIONES. LOS HORNOS ELÉCTRICOS SE USAN AMPLIAMENTE EN TRABAJOS DE LABORATORIO ASÍ COMO EN INSTALACIONES QUE REQUIEREN GRANDES PRODUCCIONES.

DOS DE LAS ALEACIONES MÁS USADAS DE COBRE SON EL BRONCE Y EL LATÓN. EL LATÓN ES EN ESENCIAL UNA ALEACIÓN DE COBRE Y ZINC. LA RESISTENCIA, DUREZA Y DUCTILIDAD DE LAS ALEACIONES SON AUMENTADOS CUANDO EL PORCENTAJE DE ZINC SE MANTIENE EN 40.

EL BRONCE ES UNA ALEACIÓN A BASE DE COBRE QUE CONTIENE ESTAÑO, MANGANESO Y OTROS ELEMENTOS. LA MAYORÍA DE LOS ELEMENTOS USADOS COMO ALEACIONES CON COBRE, AUMENTAN LA DUREZA Y LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DEL METAL.

LAS ALEACIONES DE ALUMINIO POR SU MASA LIGERA Y SU RESISTENCIA EN MUCHAS FORMAS A LA CORROSIÓN TIENEN UNA GRANDE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA HOY EN DÍA. LAS ALEACIONES DE MAGNESIO SE USAN DONDE SU BAJA DENSIDAD ES IMPORTANTE, PUESTO QUE ESTAS TIENEN LA DENSIDAD MÁS BAJA QUE EL ALUMINIO,  $\frac{2}{3}$ , Y  $\frac{1}{4}$  LA DENSIDAD DE LAS FUNDICIONES DE METALES FERROSOS.

## **ALEACIONES FORJADAS**

UN MATERIAL FORJADO ES AQUEL QUE FUE O PUEDE SER FORMADO A UNA FORMA DESEADA POR TRABAJO EN CALIENTE O FRÍO. UNA PIEZA FORJADA PUEDE SER MÁS O MENOS COSTOSA QUE UNA FUNDIDA, PERO, COMO UNA REGLA, SUS PROPIEDADES QUE PUEDEN SER OBTENIDAS SON SUPERIORES.

**ALEACIONES DE ALUMINIO.** UN VIGOROSO TRABAJO EN FRÍO O CALIENTE PUEDE DUPLICAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL ALUMINIO. PERO EL USO JUICIOSO DE UNO O MÁS MATERIALES DE ALEACIÓN, LA APLICACIÓN DE TRABAJO EN CALIENTE O FRÍO Y TRATAMIENTO EN CALIENTE, SE HACE POSIBLE CUANDO SE TIENEN ALEACIONES RESISTENTES ARRIBA DE 700 MPA. LAS ALEACIONES DE ALUMINIO SE PUEDEN DISPONER PARA FORJADO, EXTRUIDO, DOBLADO, ESTIRADO, ENROLLADO, ACUÑADO, ESTAMPADO, LAMINADO Y FORMADO EN ALAMBRE. TODAS LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PUEDEN SER MAQUINADAS, SOLDADAS Y LATONADAS.

**ALEACIONES DE BASE ZINC.** SOBRE EL 75% DE FUNDICIONES EN MATRIZ PRODUCIDAS SON DEL TIPO DE BASE ZINC. ESTAS ALEACIONES SE FUNDEN FÁCILMENTE CON UN BUEN ACABADO A TEMPERATURAS MEDIANAMENTE BAJAS, TIENEN UNA RESISTENCIA CONSIDERABLE, Y SON DE BAJO COSTO, EL

GRADO DE PUREZA DEL ZINC COMERCIALMENTE ES DE 99.99 + % DE ZINC, EL CONOCIDO COMO ALTO GRADO ESPECIAL, PUEDE SER USADO, PUESTO QUE TALES ELEMENTOS COMO PLOMO, CADMIO Y ESTAÑO SON IMPUREZAS QUE PUEDEN CAUSAR SERIOS DEFECTOS DE FUNDICIÓN Y ENVEJECIMIENTO. LOS ELEMENTOS USUALMENTE ALEADOS CON ZINC, SON ALUMINIO, COBRE Y MAGNESIO; TODOS SON AGREGADOS CON LIMITACIÓN.

LAS ALEACIONES DE ZINC SON AMPLIAMENTE USADAS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y POR OTROS MERCADOS DE ALTA PRODUCCIÓN TALES COMO LAVADORAS, QUEMADORES DE ACEITE, REFRIGERADORES, RADIOS, TOCADISCOS Y LITERALMENTE HABLANDO, CIENTOS DE PRODUCTOS PARECIDOS.

**ALEACIONES DE BASE ALUMINIO.** MUCHAS FUNDICIONES EN MATRIZ SE FABRICAN EN ALEACIÓN DE ALUMINIO POR SER LIGERAS EN PESO Y RESISTENTES A LA CORROSIÓN. COMPARADAS CON LAS ALEACIONES DE ZINC, ÉSTAS SON LIGERAMENTE INFERIORES EN PROPIEDADES FÍSICAS Y MÁS DIFÍCILES DE FUNDIR EN MATRIZ.

LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE SE USAN EN LAS ALEACIONES DE ALUMINIO SON: SILICIO, COBRE Y MAGNESIO. EL SILICIO AUMENTA LA DUREZA Y LAS PROPIEDADES DE RESISTENCIA A LA CORROSIÓN EL COBRE MEJORA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS LIGERAMENTE; Y EL MAGNESIO AUMENTA LA LIGEREZA EN PESO Y RESISTENCIA AL IMPACTO.

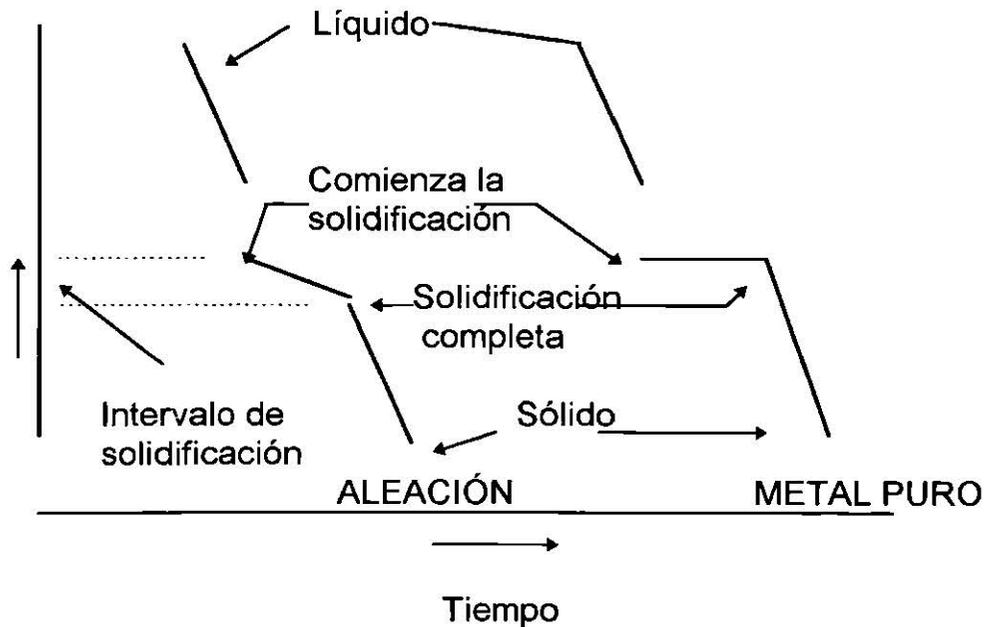
**ALEACIONES DE BASE COBRE.** LA FUNDICIÓN EN MATRIZ DE LATÓN Y BRONCE HA PRESENTADO UN GRAN PROBLEMA EN LA FUNDICIÓN POR LA PRESIÓN Y POR RAZÓN DE SU ALTA TEMPERATURA DE FUSIÓN. ESTAS TEMPERATURAS TIENEN UN PROMEDIO DESDE 870 A 1040°C Y PARA FABRICARLAS ES NECESARIO USAR ALEACIONES DE ACERO RESISTENTES AL CALOR PARA LAS MATRICES Y ASÍ REDUCIR SU RÁPIDO DETERIORO.

LAS ALEACIONES DE BASE COBRE TIENEN UTILIZACIÓN EXTENSIVA, VARIADA COMO SON: PARTES DE MAQUINARIA ELÉCTRICA, PEQUEÑOS ENGRANES, EN LA MARINA, EN AVIACIÓN, PARTES CONVENIENTES DE AUTOMÓVILES, APARATOS QUÍMICOS, Y OTRAS NUMEROSAS PARTES

PEQUEÑAS. CASI SIEMPRE ESTAS ALEACIONES SE USAN CUANDO SE REQUIERE ALTA RESISTENCIA, RESISTENCIA A LA CORROSIÓN, O DONDE EL USO RESISTENTE ES DE IMPORTANCIA CONSIDERABLE.

## SOLIDIFICACIÓN DE METALES Y ALEACIONES

LOS METALES PUROS SOLIDIFICAN DE MANERA ÚNICA, COMO QUEDA INDICADO POR LA FIGURA. EL LÍQUIDO SE ENFRÍA AL PUNTO EN EL CUAL EL PRIMER NÚCLEO SE FORMA. DESDE EL MOMENTO QUE PRINCIPIA LA SOLIDIFICACIÓN HASTA QUE SE COMPLETA, NO CAMBIARÁ LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA SÓLIDO-LÍQUIDO. UNA VEZ QUE LA SOLIDIFICACIÓN HA CONCLUIDO, DESCENDE LA TEMPERATURA CON RESPECTO AL TIEMPO. DURANTE EL ENFRIAMIENTO EL METAL, EL CALOR LATENTE DE SOLIDIFICACIÓN EQUILIBRA JUSTAMENTE EL CALOR PERDIDO POR EL METAL, CONSERVANDO ASÍ LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA CONSTANTE.



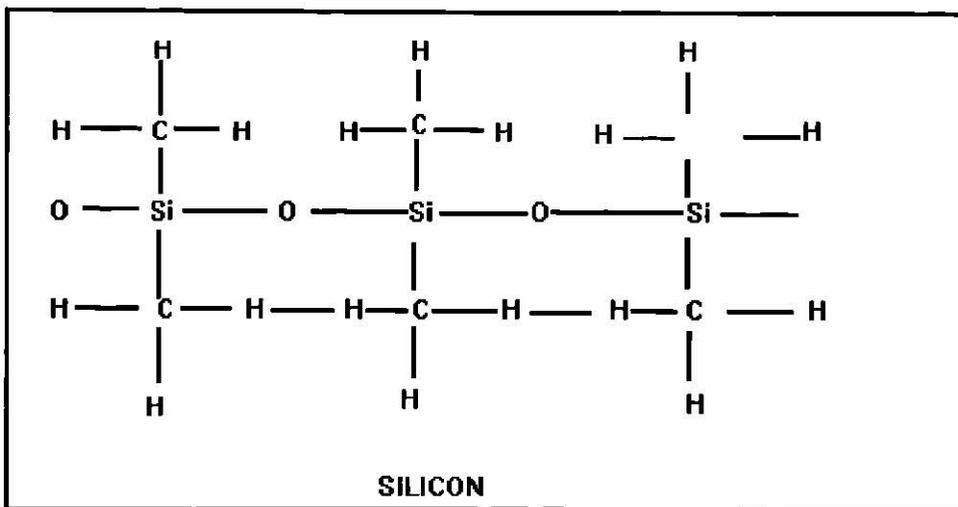
Curva temperatura-tiempo para un metal puro y aleación.

CUANDO OTROS ELEMENTOS SE AÑADEN A UN METAL PURO PARA REALZAR SUS PROPIEDADES, LA COMBINACIÓN ES LLAMADA ALEACIÓN.

## ESTRUCTURA DE LOS POLIMEROS

SON MACROMOLECULAS ORGANICAS QUE ATRAVES 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:



## CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS POLIMEROS

- LIGEROS
- RESISTENTES A LA CORROSION
- AISLANTES ELECTRICOS
- BAJA RESISTENCIA A LA TENSION
- NO USADOS EN TEMPERATURAS MUY 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 PRODUCIDOS  
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 REDACCION DE CONDENSACION NO SE PUEDEN REPROCESAR 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 (ALGODOON, CELULOSA, ETC.)
  - ANIMALES (PELOS)
  - MINERALES (ASBESTOS, FIBRA DE VIDRIO)

## **POLIMEROS INORGANICOS**

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

SE CLASIFICAN EN NATURALES Y ARTIFICIALES.

NATURALES: ASBESTO  
FIBRAS DE CARBONO O DE GRAFITO OBTENIDAS POR  
EXTURSION

ARTIFICIALES: FIBRA DE VIDRIO  
SILICONES

## **ELASTOMEROS**

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

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

OBJETIVO DE LA PRACTICA: ES EL DE CONOCER LA MANERA DE OBTENER LAS CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES MECANICAS BASICAS EN LOS MATERIALES

TEORIA: BASANDONOS EN UN ENSAYE ESTATICO DE TENSION Y SU GRAFICA DE COMPORTAMIENTO ESFUERZO VS. DEFORMACION UNITARIA, OBTENDREMOS LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES MECANICAS BASICAS EN LOS MATERIALES:

- RESISTENCIA MECANICA
- DUCTILIDAD
- RIGIDEZ
- RESILENCIA
- TENACIDAD
- ESTANDARES DE PROBETAS
- VELOCIDAD DEL ENSAYO
- TEXTURA DE GRANO Y TIPOS DE FALLAS

RESISTENCIA MECANICA ES LA OPOSICION QUE OFRECE EL MATERIAL A TRAVES DE SU FUERZA INTERNA (MOLECULAR) A LA FUERZA O CARGA APLICADA.

ESTA SE MIDE A TRAVES DE:

LIMITE DE PROPORCIONALIDAD ( $\sigma$  L.P.) ES EL MAYOR ESFUERZO QUE UN MATERIAL ES CAPAZ DE DESARROLLAR SIN PERDER LA PROPORCIONALIDAD ENTRE ESFUERZO Y DEFORMACION, ES DECIR, QUE REPRESENTARA EL ULTIMO PUNTO DE LA PENDIENTE EN LA GRAFICA, CUMPLIENDO CON LA LEY DE HOOKE.

LIMITE ELASTICO ( $\sigma$  L.E.) ES EL MAYOR ESFUERZO QUE UN MATERIAL ES CAPAZ DE DESARROLLAR SIN QUE OCURRA LA DEFORMACION PERMANENTE AL RETIRAR EL ESFUERZO. LA DETERMINACION DE ESTE LIMITE ELASTICO NO ES PRACTICO Y RARA VEZ SE REALIZA.

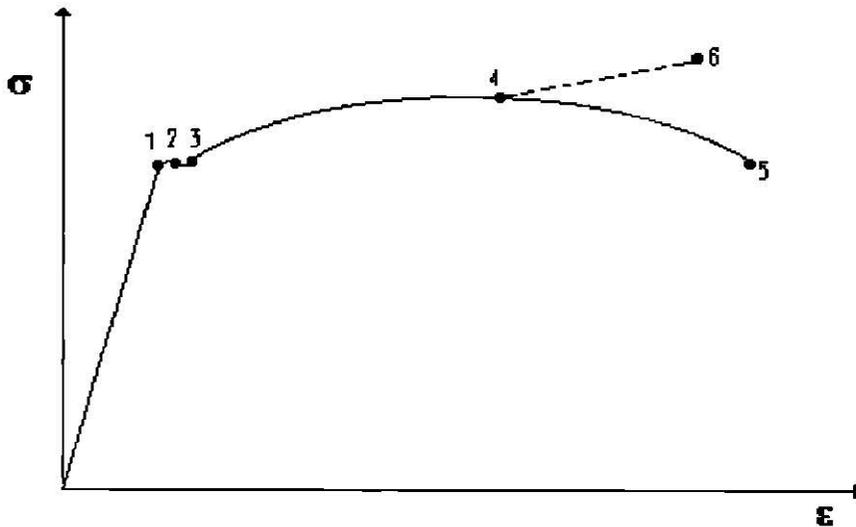
RESISTENCIA A LA CEDENCIA ( $\sigma$  Y.P.) ES EL ESFUERZO AL CUAL OCURRE UN AUMENTO DE DEFORMACION PARA CERO INCREMENTO DE ESFUERZO. EN ESTE PUNTO CEDE EL MATERIAL A LOS DEFECTOS DEL CRISTAL (VACANCIAS, INSTERTICIOS Y DISLOCACIONES) POR LO QUE PROVOCA EL DESPLAZAMIENTO MOLECULAR (DEFORMACION) SIN OPONERSE 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 MAQUINA DE PRUEBAS PARA ALGUNOS MATERIALES).

RESISTENCIA MAXIMA ( $\sigma$  MAX.) ES EL ESFUERZO MAXIMO 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 REDUCCION DE AREA EN MATERIALES DUCTILES).

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 MAQUINA Y EL AREA INICIAL DE LA PROBETA.

ESFUERZO DE RUPTURA REAL O VERDADERO ( $\sigma$  RUP) ES EL ESFUERZO NOMINAL AL OCURRIR LA FALLA Y SE OBTIENE DIVIDIENDO LA CARGA ENTRE EL AREA REAL QUE DISMINUYE CONFORME SE APLICA ESTA.

ESTE ESFUERZO ES IMPROBABLE SOBRE LA SECCION CRITICA O DE FALLA, YA QUE EL LAMINADO DEL METAL CAUSA EL DESARROLLO DE UNA COMPLEJA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS.



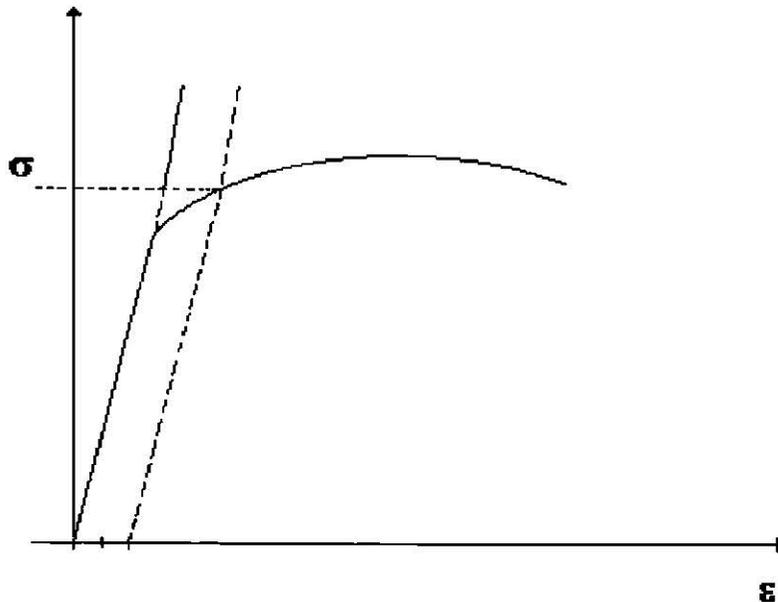
#### OBTENCION DEL PUNTO DE CEDENCIA

SE DEFINE COMO EL ESFUERZO AL CUAL OCURRE UNA GRAN DEFORMACION SIN INCREMENTO DE CARGA O ESFUERZO.

EN ALGUNOS MATERIALES ESTE PUNTO DE CEDENCIA NO SE PRESENTA COMO EN OTROS, QUE A TRAVES DE LA OSCILACION DE LA AGUJA EN LA CARATULA DE LECTURA DE CARGA O DEL CANAL EN EL DISPLAY DE CARGA SE PUEDE DETECTAR DICHO PUNTO EN LA MAQUINA UNIVERSAL.

EL METODO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE CEDENCIA SE LE CONOCE COMO METODO OFFSET O DESPLAZAMIENTO.

EL METODO CONSISTE EN TRAZAR UNA LINEA O RECTA PARALELA A LA PENDIENTE DE LA GRAFICA A PARTIR DE UN VALOR DE DEFORMACION UNITARIA DE 0.001, 0.002, 0.003 IN IN. QUE REPRESENTARA 0.1%, 0.2%, 0.3% DE DEFORMACION UNITARIA. EL VALOR MAS USUAL ES EL DE 0.2%.

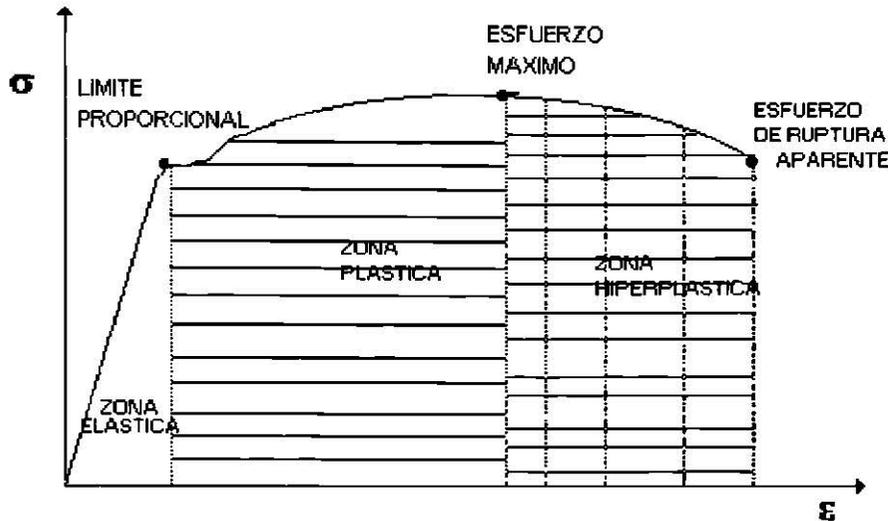


#### ZONAS EN LA GRAFICA

**ZONA ELASTICA** SE CONSIDERA DESDE EL ORIGEN HASTA EL PUNTO LIMITE PROPORCIONAL, SE EMPLEA EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS Y ESTRUCTURAS.

**ZONA PLASTICA** SE CONSIDERA DESDE EL PUNTO DE CEDENCIA HASTA EL PUNTO DE ESFUERZO MAXIMO. SE EMPLEA PARA DARLE FORMA AL MATERIAL, POR EJEMPLO LOS PROCESOS DE MECANIZADO (TORNEADO, TROQUELADO, DOBLADO, EXTRUIDO, ETC.) LAMINADOS(EN CALIENTE Y EN FRIO), ESTA ZONA SE DIVIDE EN ZONA DE CEDENCIA Y ZONA DE ENDURECIMIENTO POR DEFORMACION.

ZONA HIPERPLASTICA SE CONSIDERA EN ALGUNOS MATERIALES DESDE EL PUNTO DE ESFUERZO MAXIMO HASTA EL PUNTO DE RUPTURA APARENTE. SE EMPLEA EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS, PRODUCTOS Y ESTRUCTURAS QUE DEBEN ABSORBER GRANDES CANTIDADES DE ENERGIA MECANICA (ENERGIA CINETICA O POTENCIAL)



**DUCTILIDAD**  
ES LA PROPIEDAD QUE TIENEN LOS MATERIALES DE DEFORMARSE EN GRANDE

**FRAGILIDAD**  
ES LA PROPIEDAD QUE TIENEN LOS MATERIALES DE NO PRESENTAR DEFORMACION MICROSCOPICA.

ESTAS PROPIEDADES SON MEDIDAS  
-PARA EL ENSAYO E. DE TENSION A TRAVES DE:

-% DE ELONGACION SE OBTIENE MIDIENDO LA LONGITUD INICIAL (Lo) Y LA FINAL (Lf) DE LA PROBETA Y LUEGO SUSTITUYENDO EN LA ECUACION:

$$\%ELONG = \frac{(Lf - Lo)}{Lo} \times 100$$

-% DE REDUCCION DE AREA SE OBTIENE MIDIENDO EL DIAMETRO INICIAL Y FINAL DE LA PROBETA CALCULANDO EL AREA RESPECTIVA Y SUSTITUYENDO EN LA ECUACION:

$$\%DE REDUCCION DE AREA = \frac{(Ao - Af)}{Ao} \times 100$$

-PARA EL ENSAYO DE COMPRESION A TRAVES DE

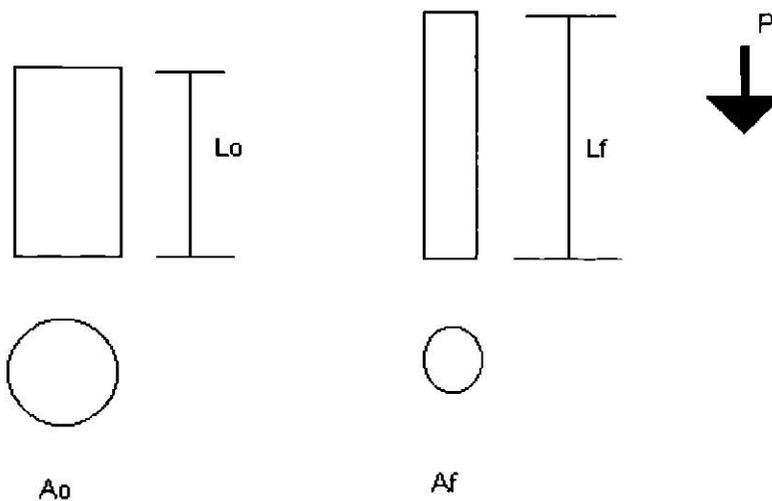
-% DE AUMENTO DE AREA SE OBTIENE MIDIENDO LOS DIAMETROS INICIAL Y FINAL CALCULANDO EL AREA RESPECTIVA Y SUSTITUYENDO EN LA ECUACION;

$$\% \text{ DE AUMENTO DE AREA} = \frac{(A_f - A_o)}{A_o} \times 100$$

-% DE REDUCCION DE LONGITUD SE OBTIENE MIDIENDO LA LONGITUD INICIAL Y FINAL DE LA PROBETA Y SUSTITUYENDO EN LA ECUACION:

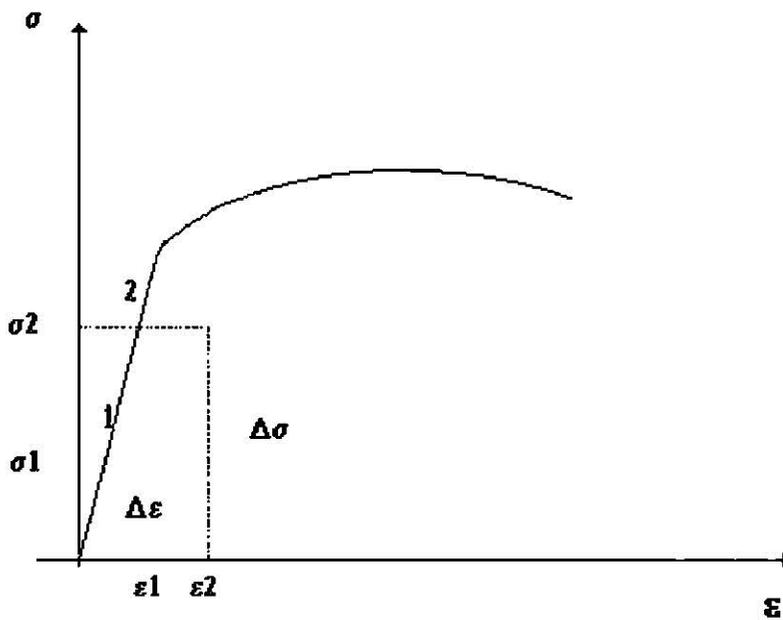
$$\% \text{ DE REDUCCION DE LONGITUD} = \frac{(L_o - L_f)}{L_o} \times 100$$

SE RECOMIENDA QUE LOS MATERIALES QUE TENGAN UN % DE ELONGACION, % DE REDUCCION DE AREA, % DE AUMENTO DE AREA, % DE REDUCCION DE LONGITUD MAYOR DE 5%, PARA QUE SE CONSIDEREN DUCTILES.



RIGIDEZ ES EL ESFUERZO REQUERIDO PARA PRODUCIR UNA DEFORMACION DADA. SE MIDE A TRAVES DE LA OBTENCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD PARA CARGA AXIAL (E) Y REPRESENTA LA TANGENTE DE LA PENDIENTE EN LA GRAFICA ESFUERZO VS. DEFORMACION, ESTE MODULO SE PUEDE OBTENER CONSIDERANDO DOS PUNTOS SOBRE LA PENDIENTE Y REALIZANDO UN TRIANGULO COMO SE MUESTRA EN LA SIG. FIGURA

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}$$



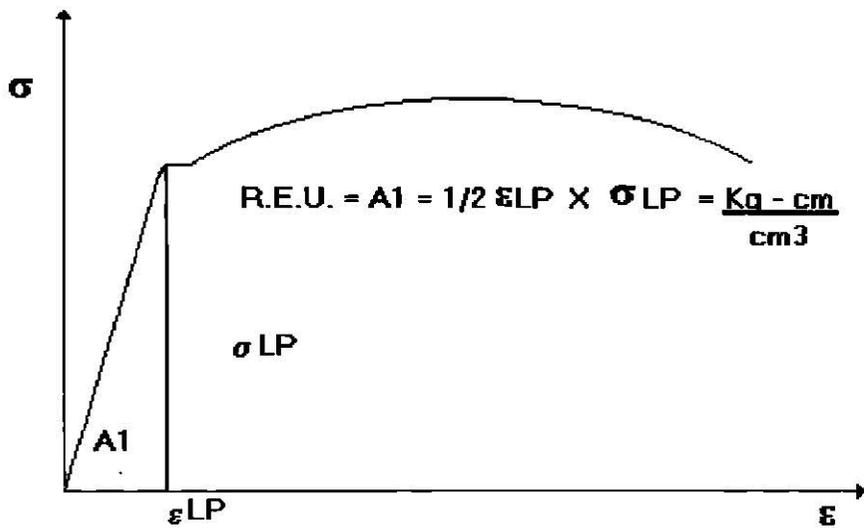
MATERIAL #	MODULO ELASTICO X 10 EXP 6 (KG CM )	MPA	10 EXP 6 IN
ACERO ORDINARIO	2.1	200	30
ALUMINIO	0.705	70	10
LATON	0.98	100	11
HIERRO COLADO	1.05	120	11.6
MADERA	0.09	183	1.2
CONCRETO	0.25	500	3.5
PLASTICO	0.56	116	0.8

VALORES PROMEDIO DE MODULO DE ELASTICIDAD DE ALGUNOS MATERIALES

RESILENCIA ELASTICA ES LA PROPIEDAD DE LOS MATERIALES DE ABSORBER ENERGIA HASTA SU LIMITE PROPORCIONAL O ELASTICO (ENERGIA ELASTICA)

OTRAS DEFINICIONES SON: UNA MEDIDA DE LA RESISTENCIA A LA ENERGIA ELASTICA.

LA RESILENCIA ELASTICA UNITARIA (REU O MODULO DE RESILENCIA) ES LA ENERGIA ALMACENADA POR UNIDAD DE VOLUMEN EN EL LIMITE ELASTICO O PROPORCIONAL. Y REPRESENTA EL AREA (A1) BAJO LA PENDIENTE DE LA GRAFICA DE ESFUERZO VS. DEFORMACION MOSTRADA EN LA SIGUIENTE FIGURA



$$REU = A1 = \frac{1}{2} \sigma_{LP} \times \epsilon_{LP} \text{ (KG-CM / CM )}$$

$$\text{VOLUMEN INICIAL (V0) = A0 X L0 (CM )}$$

$$\text{RESILENCIA ELASTICA TOTAL (RET) = REU X V0}$$

$$REU = \frac{1}{2} \sigma_{LP} \times \epsilon_{LP} \times V0 \text{ (KG-CM)}$$

L.P. LIMITE PROPORCIONAL

TENACIDAD.- ES LA PROPIEDAD QUE TIENEN LOS MATERIALES DE ABSORBER ENERGIA HASTA EL PUNTO DE RUPTURA. (ENERGIA PLASTICA)

REPRESENTA EL AREA TOTAL BAJO LA GRAFICA ESFUERZO DEFORMACION, ESTA SE PUEDE MEDIR A TRAVES DE SECCIONAR EL AREA EN AREAS REGULARES Y SUMARLAS. O CON EL PLANIMETRO, QUE ES UN INSTRUMENTO PARA DETERMINAR EL AREA DE UNA GRAFICA. AL SEGUIR EL CONTORNO DE LA MISMA. EL VALOR ASI OBTENIDO SERA LA TENACIDAD UNITARIA.

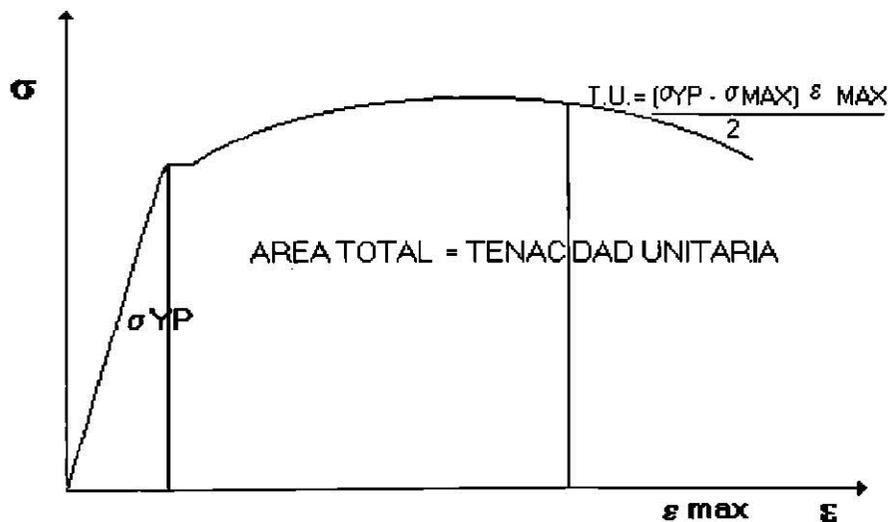
TENACIDAD UNITARIA (T.U.)= AREA TOTAL

$$T.U. = (\sigma_{MAX} - \sigma_{YP}) \epsilon_{MAX} / 2 \text{ (KG-CM/CM}^3\text{)}$$

$$\text{VOLUMEN INICIAL (V}_0\text{)} = A_0 \times L_0 \text{ (CM}^3\text{)}$$

$$\text{TENACIDAD TOTAL (T.T.)} = T.U. \times V_0 \text{ (KG-CM)}$$

YP- YIELD POINT- PUNTO DE CEDENCIA



## ESTANDAR DE PROBETAS PARA TENSION

LAS PROBETAS PARA ENSAYOS DE TENSION SE REALIZAN DE DIFERENTES FORMAS, LA SECCION TRANSVERSAL DEL ESPECIMEN PUEDE SER REDONDA, RECTANGULAR O IRREGULAR, SEGUN SEA EL CASO.

LAS FORMAS DIMENSIONALES DE LAS PROBETAS DEPENDE DE LAS ASIGNACIONES QUE ESTIPULE LAS NORMAS REFERIDAS POR LAS AGENCIAS DE ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES Y PRODUCTOS.

LA PORCION CENTRAL DEL TRAMO RECTO ES DE SECCION MENOR QUE LOS EXTREMOS PARA PROVOCAR QUE LA FALLA OCURRA EN UNA SECCION DONDE LOS ESFUERZOS NO RESULTEN AFECTADOS POR LOS ADITAMIENTOS DE SUJECION

EL TRAMO DE CALIBRACION ES EL MARCADO SEGUN EL STANDAR, SOBRE EL CUAL SE MIDEN LAS LECTURAS DE LONGITUD FINAL Y DIAMETRO FINAL, LOS EXTREMOS DE LAS PROBETAS REDONDAS Y RECTANGULARES PUEDEN SER SIMPLES, CABECEADOS O ROSCADOS, LOS EXTREMOS SIMPLES DEBEN SER LARGOS PARA ADAPTARSE A ALGUN TIPO DE MORDAZA CUNEIFORME O PLANA

UNA PROBETA DEBE SER SIMETRICA CON RESPECTO A UN EJE LONGITUDINAL A LO LARGO DE SU LONGITUD, PARA EVITAR LA FLEXION DURANTE LA APLICACION DE LA CARGA, LA LONGITUD DE LA SECCION REDUCIDA DEPENDE DE LA CLASE DE MATERIAL Y DE LAS MEDICIONES QUE SE TOMEN.

OTROS ESTANDARES PARA POLIMEROS O PLASTICOS SE ENCUENTRAN EN LA ASIGNACION DE LA ASTM D412, HASTA D530, HASTA D638, PARA CONCRETO ASTM C 190. PARA MATERIALES ELECTRICOS ASTM D651, ETC.

## VELOCIDAD DE LOS ENSAYOS A TENSION

LA VELOCIDAD DE LOS ENSAYOS A TENSION SERAN AQUELLOS QUE PERMITAN LAS LECTURAS DE CARGA Y DEFORMACION O LAS QUE RECOMIENDAN LOS ESTANDARES DE LA ASTM, ASME O ALGUNA OTRA ASOCIACION. PARA EL TIPO DE MATERIAL A ENSAYAR, UN EJEMPLO DE VELOCIDADES DEL CABEZAL MOVIL SERIAN DESDE 0.01 A 0.05 PLG/MIN Y UNA MAXIMA VELOCIDAD DE CARGA SERIA: 100 KIPS/PULG<sup>2</sup> MIN. SE SUGIERE DETECTAR LA CEDENCIA EN METALES SEGUN ASTM 8.

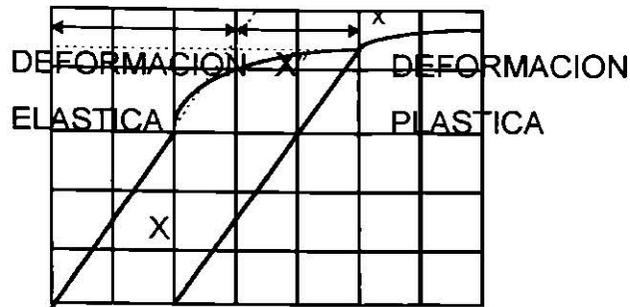
## TEXTURA DE GRANO Y TIPOS DE FRACTURA

LAS FRACTURAS SE PUEDEN CLASIFICAR EN CUANTO A FORMA, TEXTURA Y COLOR, LOS TIPOS DE FRACTURA MAS COMUN SON CONO, CRATER, PARCIALMENTE CONO Y CRATER, PLANAS E IRREGULARES Y LAS QUE PUEDAN DEFINIRSE AL MOMENTO DE LA FRACTURA DEL ESPECIMEN, LOS TIPOS DE TEXTURA SON SEDOSA, GRANO FINO, GRANO GRUESO, GRANULAR, FIBROSA, ESTILLABLE, CRISTALINA, VIDRIOSAS Y MATE, Y LAS QUE PUEDAN DETERMINARSE AL INSPECCIONAR LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PIEZA

## DIAGRAMAS DE ESFUERZO DEFORMACION

CURVAS DE ESFUERZO DEFORMACION. LA CURVA DE ESFUERZO DEFORMACION A LA TRACCION DE INGENIERIA SE OBTIENE POR ACCION DE CARGA ELASTICA SOBRE UNA PROBETA STANDAR , ES DECIR, MEDIANTE LA APLICACION SUFICIENTEMENTE LENTA DE LA CARGA, PARA QUE TODAS LAS PARTES ESTEN EN EQUILIBRIO EN TODO INSTANTE. LA CURVA SE OBTIENE , EN GENERAL, GOBERNANDO LA RAPIDEZ DE LA CARGA EN LA MAQUINA DE TRACCION. LA NORMA ASTM E8 ESPECIFICA UNA RAPIDEZ DE CARGA QUE NO EXCEDA DE 70 KGF/MM<sup>2</sup> (100,000 LB/PLG<sup>2</sup>). OTRO METODO PARA OBTENER LA CURVA ES ESPECIFICAR LA RAZON DE DEFORMACION COMO LA VARIABLE

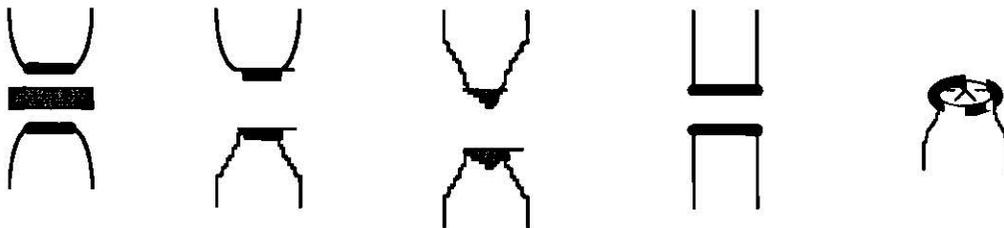
INDEPENDIENTE, EN CUYO CASO, LA RAPIDEZ DE CARGA SE AJUSTA EN FORMA CONTINUA PARA MANTENER LA RAZON DE DEFORMACION REQUERIDA. PARA LA MAYOR PARTE DE LOS MATERIALES DE INGENIERIA, LA CURVA DEBE TENER UNA REGION ELASTICA LINEAL INICIAL EN LA CUAL , LA DEFORMACION ES REVERSIBLE E INDEPENDIENTE DE TIEMPO. LA PENDIENTE DE ESTA REGION ES EL MODULO DE YOUNG E. EL LIMITE ELASTICO PROPORCIONAL LEP ES EL PUNTO EN DONDE LA CURVA COMIENZA A DESVIARSE DE LA LINEA RECTA. EL LIMITE ELASTICO, CON FRECUENCIA NO DISTINGUIBLE DEL LEP ES EL PUNTO SOBRE LA CURVA MAS ALLA DEL CUAL ESTA PRESENTE LA DEFORMACION PLASTICA DESPUES QUE DEJA DE ACTUAR LA CARGA. SI SE AUMENTA AUN MAS EL ESFUERZO, LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACION SE APARTA CADA VEZ MAS DE LA LINEA RECTA. AL DESCARGAR LA PROBETA EN EL PUNTO X (FIG.2), LA PORCION XX' ES LINEAL, Y ES, EN ESENCIA PARALELA A LA LINEA ORIGINAL OX". LA DISTANCIA ORIGINAL OX' SE LLAMA GRADO DE DEFORMACION PERMANENTE, QUE CORRESPONDE AL ESFUERZO EN X. ESTA ES LA BASE PARA LA CONSTRUCCION DE LA ARBITRARIA RESISTENCIA DE CEDENCIA. PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DE CEDENCIA, SE TRAZA UNA RECTA XX' PARALELA A LA LINEA ELASTICA INICIAL OX", PERO DESPLAZADA DE ELLA POR UN VALOR ARBITRARIO DE DEFORMACION PERMANENTE. LA DEFORMACION PERMANENTE MAS USADA ES DE 0.20% DEL TRAMO DE MEDICION ORIGINAL. LA INTERSECCION DE ESTA LINEA CON LA CURVA DETERMINA EL VALOR DEL ESFUERZO LLAMADO RESISTENCIA DE CEDENCIA. LA RESISTENCIA DE CEDENCIA ARBITRARIA SE USA SOBRE TODO PARA LOS MATERIALES QUE NO EXHIBEN UN PUNTO DE CEDENCIA NATURAL, COMO LOS METALES FERROSOS, PERO SU USO NO SE LIMITA A ESTOS. LA CONDUCTA PLASTICA DEPENDE DEL TIEMPO, SOBRE TODO A TEMPERATURAS ELEVADAS. ASIMISMO, A ALTAS TEMPERATURAS PUEDE DESCRIBIRSE UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE DEFORMACION REVERSIBLE QUE DEPENDE DEL TIEMPO, INDICATIVA DE CONDUCTA INVERSA A LA ELASTICA.



LA RESISTENCIA A LA TRACCION ULTIMA ES LA CARGA MAXIMA SOSTENIDA POR LA PROBETA DIVIDIDA POR EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL ORIGINAL DE LA PROBETA. EL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO EN LA FALLA ES LA EXTENSION PLASTICA DE LA PROBETA EN LA FALLA EXPRESADA COMO EL PRODUCTO DE (CAMBIO DE LA LONGITUD DE MEDICION ORIGINAL X 100) DIVIDIDO POR LA LONGITUD DE MEDICION ORIGINAL, ESTE PUEDE SER UNIFORME Y NO UNIFORME. EL PORCENTAJE DE REDUCCION DE AREA (RA) DE LA PROBETA ES LA CONTRACCION DEL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL EN LA FRACTURA EXPRESADO COMO UN PORCENTAJE DEL AREA ORIGINAL. SE OBTIENE MIDIENDO LA SECCION TRANSVERSAL EN LA LOCALIZACION DE LA FRACTURA DE LA PROBETA ROTA. LA RA JUNTO CON LA CARGA EN LA FRACTURA PUEDEN USARSE PARA OBTENER EL ESFUERZO DE FRACTURA, ES DECIR, LA CARGA DE FRACTURA DIVIDIDA POR EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL EN LA FRACTURA.

EL TIPO DE FRACTURA POR TRACCION INDICA, DE ALGUNA MANERA, LA CALIDAD DEL MATERIAL, AUNQUE ESTE AFECTADO EN FORMA CONSIDERABLE POR LA TEMPERATURA DE LA PRUEBA, LA RAPIDEZ DE LA PRUEBA, LA FORMA Y EL TAMAÑO DE LA PIEZA DE LA PRUEBA Y POR OTRAS CONDICIONES. LA CONTRACCION ES MAXIMA EN LOS MATERIALES TENACES Y DUCTILES Y MINIMA EN LOS MATERIALES QUEBRADIZOS. EN GENERAL LAS FRACTURAS SON DEL TIPO CORTE O SEPARACION (PERDIDA DE COHESION). LAS PROBETAS PLANAS A TRACCION DE LOS METALES DUCTILES MUESTRAN CON FRECUENCIA FALLAS DE CORTE, SI LA RELACION ENTRE EL ANCHO Y EL ESPESOR ES MAYOR QUE 6:1. UNA FALLA DEL TIPO DE CORTE PUEDE DETERMINAR EN UN FILO DE

CINCEL, PARA UNA PROBETA PLANA, O EN UNA RUPTURA DE PUNTA, PARA UNA PROBETA REDONDA. LAS FALLAS DE SEPARACION SUCEDEN EN LOS MATERIALES QUEBRADIZOS, COMO CIERTAS FUNCIONES DE HIERRO. EN LAS PROBETAS REDONDAS DE METAL DUCTIL SON COMUNES LAS COMBINACIONES DE FALLA DE CORTE Y SEPARACION. CON FRECUENCIA, LA FALLA SE INICIA EN EL EJE DE UNA REGION ESTRECHA Y PRODUCE UN AREA RELATIVAMENTE PLANA, QUE CRECE HASTA QUE EL MATERIAL SE CORTA POR UNA SUPERFICIE EN FORMA DEL CONO AL EXTERIOR DE LA PROBETA, LO QUE TRAE COMO RESULTADO LO QUE SE CONOCE COMO FRACTURA DE COPA Y DE CONO. AVECES OCURREN LAS FRACTURAS DE DOBLE COPA, CONO Y ROSETA. EN LA SIG. FIGURA SE ILUSTRAN VARIOS TIPOS DE FRACTURAS DE TRACCION.



LOS ACEROS RECOCIDOS EN CALIENTE, EXHIBEN, EN GENERAL, UN PUNTO DE CEDENCIA. AQUI EN UNA PRUEBA A RAZON CONSTANTE DE DEFORMACION OCURRE UN GRAN INCREMENTO DE LA EXTENSION BAJO CARGA CONSTANTE EN EL LIMITE ELASTICO O A UN ESFUERZO JUSTAMENTE ABAJO DEL LIMITE ELASTICO. EN EL ULTIMO CASO, EL ESFUERZO CAE SUBITAMENTE DESDE EL PUNTO DE CEDENCIA SUPERIOR, HASTA EL PUNTO DE CEDENCIA INFERIOR. DESPUES DE LA CAIDA, LA EXTENSION DEL PUNTO DE FLUENCIA SUCEDE A ESFUERZO CONSTANTE, SEGUIDO POR UNA ELEVACION HASTA EL RTU. EL FLUJO PLASTICO ES DISCONTINUO DURANTE LA EXTENSION EN EL PUNTO DE FLUENCIA, LAS ZONAS SUCESIVAS DE DEFORMACION PLASTICA, CONOCIDAS COMO LINEAS DE LUDER O DE DEFORMACION POR ELONGACION LOCAL, NO APARECEN SINO HASTA QUE LA LONGITUD COMPLETA DE MEDICION DE LA PROBETA SE HA DEFORMADO UNIFORMEMENTE AL FINAL DE LA EXTENSION EN EL PUNTO DE FLUENCIA. ESTA CONDUCTA CAUSA UNA

APARIENCIA DE BANDAS O DE ESCALONES EN LA SUPERFICIE DEL METAL. LA FORMA EXACTA DE LA CURVA ESFUERZO-DEFORMACION PARA ESTA CLASE DE MATERIAL ES FACILMENTE AFECTABLE POR LA TEMPERATURA DE PRUEBA, POR LA RAZON DE DEFORMACION DE LA PRUEBA Y POR LAS CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA UTILIZADA.

LA CONDUCTA PLASTICA EN UNA PRUEBA DE TRACCION UNIAXIAL PUEDE REPRESENTARSE COMO LA VERDADERA CURVA DE ESFUERZO DEFORMACION.

PRUEBAS DE COMPRESION. LA CURVA ESFUERZO DEFORMACION DE COMPRESION ES SIMILAR A LA CURVA DE ESFUERZO DEFORMACION DE TRACCION HASTA LA RESISTENCIA DE FLUENCIA. EN ADELANTE LA SECCION TRANSVERSAL PROGRESIVAMENTE CRECIENTE DE LA PROBETA ORIGINA QUE LA CURVA ESFUERZO DEFORMACION DE COMPRESION SE DESVIE DE LA CURVA DE TRACCION. ALGUNOS METALES DUCTILES NO FALLARAN EN LA PRUEBA DE COMPRESION. LA CONDUCTA COMPLEJA OCURRE CUANDO SE CAMBIA EL SENTIDO DE LOS ESFUERZOS, A CAUSA DEL EFECTO BAUSCHINGER, QUE PUEDE DESCRIBIRSE COMO SIGUE: SI UNA PROBETA SE DEFORMA PRIMERO EN TRACCION, SE REDUCE SU ESFUERZO DE FLUENCIA EN COMPRESION Y VICEVERSA.

## FATIGA

LA FATIGA SE REFIERE, EN GENERAL AL DETERIORO GRADUAL DE UN MATERIAL QUE ESTA SUJETO A CARGAS REPETIDAS. EN LOS ENSAYOS DE FATIGA LA PROBETA SE SUJETA A ESFUERZOS DE AMPLITUD CONSTANTE, QUE VARIAN PERIODICAMENTE POR MEDIO DE DISPOSITIVOS MECANICOS O MAGNETICOS. LOS ESFUERZOS APLICADOS PUEDEN ALTERNAR ENTRE VALORES POSITIVOS Y NEGATIVOS IGUALES, DESDE CERO HASTA VALORES MAXIMOS POSITIVOS O NEGATIVOS , O ENTRE VALORES NO IGUALES POSITIVOS Y NEGATIVOS. LA CARGA MAS COMUN ES LA TRACCION Y COMPRESION ALTERNADAS DE IGUALES VALORES NUMERICOS, OBTENIDOS MEDIANTE LA ROTACION DE UNA PROBETA CILINDRICA LISA, MIENTRAS ESTA BAJO CARGA DE FLEXION. SE REALIZA UNA SERIE DE ENSAYOS DE FATIGA EN VARIAS DE LAS PROBETAS DEL MATERIAL A DIFERENTES GRADOS DE ESFUERZO. EL

ESFUERZO RESISTIDO SE TRAZA EN UNA GRAFICA CONTRA EL NUMERO DE CICLOS SOSTENIDOS. POR LA SELECCION DE ESFUERZOS CADA VEZ MAS BAJOS, PUEDE ENCONTRARSE UN VALOR QUE NO PRODUCIRA FALLA INDEPENDIENTEMENTE DEL NUMERO DE CICLOS APLICADOS. ESTE VALOR DE ESFUERZO SE LLAMA LIMITE DE FATIGA. EL DIAGRAMA SE LLAMA DIAGRAMA DE CICLOS-ESFUERZOS O DIAGRAMA S-N. EN LUGAR DE REGISTRAR LOS DATOS EN COORDENADAS CARTESINAS, EL ESFUERZO SE TRAZA CONTRA EL LOGARITMO DEL NUMERO DE CICLOS , O TANTO EL ESFUERZO COMO LOS CICLOS, O TANTO EL ESFUERZO COMO LOS CICLOS SE TRAZAN A ESCALAS LOGARITMICAS. AMBOS DIAGRAMAS MUESTRAN UN DOBLEZ EN LA CURVA CERCA DEL LIMITE DE FATIGA PARA LOS METALES FERROSOS. EL LIMITE DE FAIGA PUEDE ESTABLECERSE PARA LA MAYOR PARTE DE LOS ACEROS ENTRE 2 Y 10 MILLONES DE CICLOS. EN GENERAL, LOS METALES NO FERROSOS, NO MUESTRAN CLARAMENTE DEFINIDO EL LIMITE DE FATIGA. LAS CURVAS S-N, EN ESTOS CASOS, INDICAN UNA DISMINUCION CONTINUA DE VALORES DE ESFUERZO HASTA VARIOS CIENTOS DE MILLONES DE CICLOS, Y DEBE INFORMARSE TANTO DEL VALOR DEL ESFUERZO COMO EL NUMERO DE CICLOS SOSTENIDOS.

## DUREZA

LA DUREZA SE HA DEFINIDO DIVERSAMENTE POR LA RESISTENCIA A LA PENETRACION LOCAL, AL RAYADO, AL TRABAJO A MAQUINA, AL DESGASTE O ABRASION Y A LA FLUENCIA O CESION DEL MATERIAL. LA MULTIPLICIDAD DE DEFINICIONES Y LA CORRESPONDIENTE MULTIPLICIDAD DE INSTRUMENTOS MEDIDORES DE DUREZA, JUNTO CON LA CARENCIA DE UNA DEFINICION FUNDAMENTAL, INDICAN QUE LA DUREZA NO PUEDE SER UNA PROPIEDAD FUNDAMENTAL DE UN MATERIAL, SINO MAS BIEN UNA PROPIEDAD COMPUESTA QUE COMPRENDE LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA, EL ENDURECIMIENTO POR TRABAJO, LA RESITENCIA VERDADERA A LA TRACCION, EL MODULO DE ELASTICIDAD Y ALGUNAS OTRAS COSAS.

LA DUREZA POR RAYADO SE MIDE POR LA ESCALA DE MOHS DE LOS MINERALES, LA CUAL ESTA DISPUESTA DE TAL MANERA QUE CADA MINERAL RAYA AL MINERAL DEL NUMERO INMEDIATO INFERIOR. EN TRABAJOS MINERALOGICOS RECIENTES Y EN CIERTOS ESTUDIOS METALURGICOS MICROSCOPICOS SE HAN USADO PUNTAS RAYADORAS DE JOYAS YA CON UNA CARGA ESTABLECIDA O BIEN CON CARGA VARIABLE HASTA PRODUCIR UN RAYADO DE ANCHO ESPECIFICADO.

LA RESISTENCIA A LA PENETRACION LOCALIZADA, O DUREZA DE IDENTACION O HUELLA SE USA MUCHO INDUSTRIALMENTE COMO UNA MEDIDA DE LA DUREZA, E INDIRECTAMENTE COMO UN INDICADOR DE OTRAS PROPIEDADES DESEADAS EN UN PRODUCTO FABRICADO. LAS PRUEBAS DE HUELLAS O IDENTACION SON ESCENCIALMENTE NO DESTRUCTIVAS, Y EN LA MAYORIA DE LAS APLICACIONES SE PUEDE CONSIDERAR QUE NO HECHAN A PERDER LAS PIEZAS, DE MANERA QUE PUEDEN APLICARSE A CADA UNA DE LAS FABRICADAS, Y POR LAS RELACIONES EMPIRICAS ENTRE LA DUREZA, CON PROPIEDADES TALES COMO LA RESISTENCIA A LA TRACCION, LA RESISTENCIA A LA FATIGA Y LA RESISTENCIA AL CHOQUE SE PUEDEN LOCALIZAR Y RECHAZAR PIEZAS QUE PUEDEN SER DEFICIENTES EN ESTAS ULTIMAS PROPIEDADES.

LA DUREZA BRINELL SE DETERMINA FORZANDO A UNA ESFERA TEMPLADA A PENETRAR EN LA SUPERFICIE DE UN MATERIAL POR MEDIO DE UNA CARGA CONOCIDA Y MIDIENDO EL DIAMETRO DE LA HUELLA (O INDENTACION) DEJADA DESPUES DE LA PRUEBA. EL NUMERO DE LA DUREZABRINELL, O SIMPLEMENTE EL NUMERO BRINELL, SE OBTIENE DIVIDIENDO LA CARGA APLICADA, EN KILOGRAMOS, POR LA SUPERFICIE REAL DE LA HUELLA, EN MILIMETROS CUADRADOS. EL RESULTADO DE UNA PRESION, PERO RARAS VECES SE MENCIONAN LAS UNIDADES

$$BHN = \frac{P}{\pi D/2 (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

EN DONDE BHN ES EL NUMERO DE DUREZA BRINELL, P LA CARGA APLICADA EN KILOGRAMOS, D EL DIAMETRO DE LA ESFERA TEMPLADA EN MM, Y d EL DIAMETRO DE LA IMPRESION DE LA HUELLA RESULTANTE EN MM.

SE PUEDEN USAR BOLAS DE COJINETES DE ACERO TEMPLADO PARA DUREZAS HASTA DE 450, PERO PARA DUREZAS SUPERIORES DEBEN EMPLEARSE BOLAS DE ACERO CON TRATAMIENTOS ESPECIALES O JOYAS PARA EVITAR EL APLANAMIENTO DEL INDENTADOR. LA BOLA DEL TAMAÑO MODELO ES DE 10MM Y LAS CARGAS TIPICAS DE 3,000KG PARA ACEROS Y 500 KG PARA METALES NO FERROSOS MAS BLANDOS, SE EMPLEA UNA CARGA DE 100 KG. OCASIONALMENTE PARA MATERIALES MUY BLANDOS. SI POR RAZONES ESPECIALES SE EMPLEA UNA BOLA DE CUALQUIER OTRO TAMAÑO, SE DEBE AJUSTAR APROXIMADAMENTE LA CARGA COMO SIGUE: PARA HIERRO Y ACERO,  $P=30D^2$ , PARA LATON, BRONCE Y OTROS METALES BLANDOS,  $P=5D^2$ , PARA METALES EXTREMADAMENTE BLANDOS,  $P=D^2$ . LAS LECTURAS O INDICACIONES OBTENIDAS CON BOLAS Y CARGAS DIFERENTES DE LAS NORMALES DEBEN LLEVAR DATOS RELATIVOS A LA CARGA Y AL TAMAÑO DE LA BOLA USADA, YA QUE TALES LECTURAS SON SOLO APROXIMADAMENTE IGUALES A LAS OBTENIDAS EN LAS CONDICIONES NORMALIZADAS.

EL TAMAÑO DE LA PROBETA UTILIZADA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA ASEGURAR QUE EN NINGUNA PARTE ALCANCE LA SUPERFICIE LIBRE DE FLUENCIA PLASTICA DEL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA EN TORNO A LA IMPRESION O HUELLA, Y EN NINGUN CASO DEBE SER EL ESPESOR MENOR DE 10 VECES LA PROFUNDIDAD DE LA IMPRESION NI EL ANCHO MENOR DE 3 VECES EL DIAMETRO DE LA MISMA. LA CARGA DEBERA APLICARSE EN FORMA CONSTANTE Y CONTINUA Y HABRA DE MANTENERSE POR LO MENOS 10 SEGUNDOS EN EL CASO DE MATERIALES FERROSOS Y 30 SEGUNDOS EN EL CASO DE LA MAYORIA DE NO FERROSOS. PUEDEN SER NECESARIOS PERIODOS MAS LARGOS EN CIERTOS MATERIALES BLANDOS QUE MUESTREN ESCURRIMIENTO PLASTICO A TEMPERATURA AMBIENTE. AL ENSAYAR MATERIALES DELGADOS, NO ES PERMITIDO ACUMULAR VARIOS ESPESORES DEL MISMO ELEMENTO BAJO EL INDENTADOR, PORQUE LAS LECTURAS ASI OBTENIDAS SERAN INVARIABLEMENTE MAS BAJAS QUE LAS REALES. CON TALES MATERIALES SE NECESITAN CARGAS E INDENTADORES MAS PEQUEÑOS, O BIEN, METODOS DIFERENTES PARA LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE DUREZA.

EN LA PRUEBA BRINELL NORMAL, SE MIDE EL DIAMETRO DE LA HUELLA O IMPRESION CON UN MICROSCOPIO DE MANO DE POCO AUMENTO, PERO PARA

TRABAJO DE PRODUCCION EXISTEN VARIAS MAQUINAS DE ENSAYOS QUE MIDEN AUTOMATICAMENTE LA PROFUNDIDAD DE LA IMPRESION Y A PARTIR DE ELLA DAN LECTURAS DE DUREZA. TALES MAQUINAS DEBEN CALIBRARSE CON FRECUENCIA SOBRE SOLIDOS DE PRUEBA A DUREZAS CONOCIDAS

EL METODO ROCKWELL DE ENSAYO DE DUREZA, SE DETERMINA LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE UN INDENTADOR BAJO CIERTAS CONDICIONES ARBITRARIAS DE PRUEBA. EL INDENTADOR PUEDE SER UNA ESFERA DE ACERO DE ALGUN DIAMETRO ESPECIFICADO O UN DIAMANTE CONICO DE PUNTA ESFERICA, LLAMADO BRALE, CON UN ANGULO DE 120 GRADOS Y UN RADIO EN LA PUNTA DE 0.2MM. SE APLICA PRIMERO UNA CARGA MENOR DE 10 KG QUE PRODUCE UNA PENETRACION INICIAL Y MANTIENE AL INDENTADOR EN POSICION. BAJO ESTA SITUACION, SE AJUSTA LA ESCALA MEDIDORA DE PROFUNDIDAD A SU VALOR MAXIMO ARBITRARIO DE 130 SI SE USA CUALQUIERA DE LAS ESFERAS, O A 100 SI SE EMPLEA LA PUNTA BRALE. DESPUES SE APLICA UNA CARGA MAYOR DE 60, 100 O 150 KG REGULADA CON UN AMORTIGUADOR (DASHPOT) Y LUEGO SE RETIRA, RETORNANDO A LA CARGA MENOR DE 10 KG. ENTONCES SE LEE EL NUMERO DE DUREZA EN LA ESCALA MEDIDORA DE LA PENETRACION Y ESTA ESCALA ESTA DISPUESTA DE TAL MANERA QUE LOS MATERIALES BLANDOS CON PENETRACIONES PROFUNDAS DAN NUMEROS DE DUREZA BAJOS.

ES POSIBLE OBTENER UNA VARIEDAD DE COMBINACIONES DE INDENTADOR Y CARGA MAYOR, LAS MAS COMUNMENTE USADAS SON LAS RB USANDO COMO INDENTADOR UNA ESFERA DE 1/16 DE PULGADA Y UNA CARGA MAYOR DE 100 KG Y RC USANDO UNA PUNTA BRALE COMO INDENTADOR Y UNA CARGA MAYOR DE 150KG.

EN COMPARACION CON LA PRUEBA BRINELL, EL METODO ROCKWELL HACE UNA IMPRESION O HUELLA MAS PEQUEÑA, PUEDE USARSE EN MATERIAL MAS DELGADO, Y ES MUCHA MAS RAPIDO, YA QUE LOS NUMEROS DE DUREZA SE LEEN DIRECTAMENTE Y NO NECESITAN CALCULARSE. SIN EMBARGO, LA PRUEBA DE BRINELL SE PUEDE HACER SIN APARATOS ESPECIALES Y SE LE

TIENE EN MEJOR CONSIDERACION PARA USO DE LABORATORIO. HAY TAMBIEN UNA PRUEBA ROCKWELL DE DUREZA SUPERFICIAL SEMEJANTE A LA ROCKWELL REGULAR, EXCEPTO EN QUE LA INDENTACION ES MENOS PROFUNDA.

EL METODO VICKERS PARA PROBAR LA DUREZA ES SEMEJANTE EN PRINCIPIO AL BRINELL EN QUE EXPRESA EL RESULTADO EN FUNCION DE LA PRESION ORIGINADA BAJO EL INDENTADOR Y USA LAS MISMAS UNIDADES, KILOGRAMOS POR MILIMETRO CUADRADO. EL INDENTADOR ES UN DIAMANTE EN FORMA DE PIRAMIDE DE BASE CUADRADA CON UN ANGULO EN EL VERTICE DE 136 GRADOS, LAS CARGAS SON MUCHO MAS LIGERAS, VARIANDO ENTRE 1 Y 120 KILOGRAMOS, Y LA IMPRESION SE MIDE POR MEDIO DE UN MICROSCOPIO COMPUESTO DE AUMENTO MEDIANO.

$$V=P/0.5393d^2$$

EN DONE V ES EL NUMERO DE DUREZA VICKERS, AVECES LLAMADA DUREZA DE LA PIRAMIDE DE DIAMANTE(DPH, DIAMOND PYRAMID HARDNESS). P ES LA CARGA APLICADA Y LA d LA DIAGONAL DE LA IMPRESION EN MM. EL METODO VICKERS ES MAS VERSATIL Y SE CONSIDERA MAS EXACTO QUE EL ROCKWELL, PERO EL EQUIPO ES MAS COSTOSO QUE EL DE CUALQUIERA DE LOS OTROS Y EL ROCKWELL ES UN POCO MAS RAPIDO EN TRABAJO DE PRODUCCION.

ENTRE OTROS METODOS DE ENSAYO DE DUREZA DEBE MENCIONARSE EL ESCLEROSCOPIO, EN EL CUAL UN MARTINETE CON PUNTA DE DIAMANTE SE DEJA CAER SOBRE LA SUPERFICIE Y EL REBOTE DEL MARTINETE SE TOMA CON UN INDICE DE DUREZA. A ESTE TIPO DE APARATO LE AFECTA SERIAMENTE LA RESILENCIA TANTO COMO LA DUREZA DEL MATERIAL Y HA SIDO SUPLANTADO POR OTROS METODOS. EN EL METODO MONOTRON, SE FUERZA UN PENETRADOR DENTRO DEL MATERIAL HASTA UNA PROFUNDIDAD PREDETERMINADA Y SE TOMA LA CARGA NECESARIA COMO LA MEDIDA INDIRECTA DE LA DUREZA. ESTE ES EL INVERSO DEL METODO ROCKWELL EN

PRINCIPIO, PERO LAS CARGAS Y LAS INDENTACIONES SON MAS PEQUEÑAS QUE LAS DE ESTE ULTIMO. EN EL PENDULO DE HERBERT UNA ESFERA DE ACERO O DE JOYA DE 1MM, EN REPOSO SOBRE LA SUPERFICIE QUE SE ENSAYA, ACTUA COMO APOYO O FIEL DE UN PENDULO COMPUESTO DE 4 KG CON PERIODO DE 10 SEGUNDOS. LA OSCILACION DEL PENDULO CAUSA UNA INDENTACION O HUELLA DE RODAMIENTO EN EL MATERIAL, Y POR EL COMPORTAMIENTO DEL PENDULO SE PUEDEN DETERMINAR VARIOS FACTORES DE DUREZA, TALES COMO LA TENDENCIA AL ENDURECIMIENTO POR EL TRABAJO, QUE NO SON REVELADOS POR OTROS METODOS. AUNQUE LOS RESULTADOS DE HERBERT SON DE SIGNIFICACION CONSIDERABLE, EL INSTRUMENTO SOLO ES ADECUADO PARA USOS DE LABORATORIO. EN LA PRUEBA DE HERBERT SE DEJA CAER UNA LLUVIA DE ESFERITAS DE ACERO DESDE UNA ALTURA PREDETERMINADA QUE EMPAÑAN LA SUPERFICIE DE UNA PIEZA TEMPLADA EN PROPORCION A SU BLANDURA Y EN CONSECUENCIA, REVELAN LAS ZONAS DEFECTUOSAS. UNA GRAN VARIEDAD DE METODOS DE INDENTACION MUTUA, EN LOS CUALES SE FORZAN UNOS CONTRA OTROS CILINDROS O PRISMAS DEL MATERIAL A PROBAR, DAN RESULTADOS COMPARABLES A LOS DEL ENSAYO DE BRINELL. ESTOS SON PARTICULARMENTE UTILES PARA ALAMBRES Y MATERIALES A TEMPERATURAS ELEVADAS.

LA RELACION QUE EXISTE ENTRE LAS ESCALAS DE DIVERSOS METODOS DE DUREZA NO ES EXACTA, YA QUE NO HAY 2 METODOS QUE MIDAN EXACTAMENTE LA MISMA CLASE DE DUREZA Y UNA RELACION DETERMINADA CON ACEROS DE DUREZA DIFERENTES SOLO RESULTARA APROXIMADAMENTE VERDADERA CON OTROS MATERIALES. LA RELACION VICKERS-BRINELL ES CASI LINEAL HASTA POR LO MENOS 400, CON EL NUMERO VICKERS APROXIMADAMENTE 5% MAS ALTO QUE EL BRINELL Y CASI INDEPENDIENTEMENTE DEL MATERIAL. MAS ALLA DE 500, LOS VALORES SE HACEN MAS AMPLIAMENTE DIVERGENTES DEBIDO AL APLANAMIENTO DE LA ESFERA BRINELL. LA RELACION BRINELL-ROCKWELL ES REGULARMENTE SATISFACTORIA Y SE ILUSTRA EN LA FIGURA 22.

TAMBIEN FIGURA EN LA MISMA GRAFICA RELACIONES APROXIMADAS PARA EL ESCLEROSCOPIO DE SHORE.

LA DUREZA DE LA MADERA LA DEFINE LA ASTM POR LA CARGA NECESARIA EN LIBRAS PARA FORZAR UNA ESFERA DE 0.444PLG DE DIAMETRO DENTRO DE UNA MADERA A UNA PROFUNDIDAD DE 0.222PLG, SIENDO LA RAPIDEZ DE PENETRACION DE 1/4 DE PULGADA POR MINUTO.

## MAQUINAS PARA PRUEBAS MECANICAS ACCESORIOS E INSTRUMENTOS DE MEDICION

### ENSAYO DE MATERIALES

MAQUINAS DE ENSAYOS. LAS MAQUINAS QUE SE EMPLEAN PARA EL ENSAYO MECANICO DE LOS MATERIALES, CONTIENEN GENERALMENTE ELEMENTOS: 1) PARA SUJETAR LA PROBETA, 2) PARA DEFORMARLA, Y 3) PARA MEDIR LA CARGA NECESARIA PARA MEDIR LA DEFORMACION. ALGUNAS MAQUINAS (PROBADORAS DE DUCTILIDAD) OMITEN LA MEDICION DE CARGA Y LA SUSTITUYEN POR UNA MEDICION DE DEFORMACION, MIENTRAS QUE OTRAS MAQUINAS EFECTUAN TANTO LA MEDICION DE LA CARGA COMO LA DE LA DEFORMACION POR MEDIO DE APARATOS QUE FORMAN PARTE INTEGRANTE DE LA MAQUINA MISMA (REGISTRADORES DE DEFORMACION Y ESFUERZO) O BIEN AUXILIARES A ELLA (MEDIDORES DE DEFORMACION). EN LA MAYORIA DE LAS MAQUINAS DE ENSAYO UNIVERSALES (PARA TODAS CLASES DE PRUEBAS), SE REGULA LA DEFORMACION COMO LA VARIABLE INDEPENDIENTE Y SE MIDE LA CARGA RESULTANTE, Y EN MUCHAS MAQUINAS ESPECIALIZADAS, PARTICULARMENTE LAS QUE TRABAJAN CON CARGAS LIGERAS, SE REGULA LA CARGA Y SE MIDE LA DEFORMACION RESULTANTE. LAS CARACTERISTICAS ESPECIALES PUEDEN INCLUIR LAS NECESARIAS PARA INCREMENTO CONSTANTE DE LA CARGA (DISCOS POR PASOS), INCREMENTO CONSTANTE DE LA DEFORMACION, MANTENIMIENTO DE CARGA CONSTANTE Y VARIACION CICLICA DE LA CARGA (FATIGA).

ANTIGUAMENTE ERA COMUN UNA COMBINACION DE TUERCA Y TORNILLO ACCIONADA POR EMBRAGUES Y CAMBIO DE ENGRANAJES PARA PRODUCIR DEFORMACIONES, PERO ESTE DISPOSITIVO SE HA SUSTITUIDO POR OTRO DE BOMBA Y CILINDRO HIDRAULICOS. EL DISPOSITIVO HIDRAULICO ES MAS SILENCIOSO, MAS FACIL DE REGULAR Y MAS DURADERO, PERO NO PUEDE MANTENER UNA DEFORMACION CONSTANTE PARA CUALQUIER INTERVALO A CAUSA DE LA FALTA DE HERMETICIDAD. EN LA APRECIACION DE CARGAS LIGERAS, LOS PESOS DIRECTOS SON EXACTOS, PERO DE NO USARSE AGUA O

PERDIGONES LAS PEQUEÑAS VARIACIONES DE LA CARGA SON DIFICILES DE CONSEGUIR. LOS RESORTES ORDINARIOS USADOS PARA ESTE FIN NO SON SUFICIENTEMENTE EXACTOS PERO EL RESORTE ISOELASTICO DESARROLLADO RECIENTEMENTE TIENE ERRORES DESPRECIABLES. PARA CARGAS MAYORES, UN DISPOSITIVO REDUCTOR CON UN SISTEMA HIDRAULICO DE APRECIACION DE PESOS HA REEMPLAZADO AL SISTEMA DE PALANCAS. PARA APRECIAR LA CARGA REDUCIDA DE UN SISTEMA DE PALANCAS (COMO LAS DE LAS BASCULAS), SE PUEDEN USAR PESOS MUERTOS (PERDIGONES), PENDULOS DE GRAVEDAD, COMBINACIONES DE ESCALA E INDICADOR, O RESORTES ISO-ELASTICOS. EN LOS SISTEMAS HIDRAULICOS, LA PRESION DEL LIQUIDO SE EQUILIBRA O MIDE OCASIONALMENTE POR LA CARGA HIDROSTATICA, PERO PUEDE TRANSFORMARSE EN UNA FUERZA MECANICA POR EMBOLOS PEQUEÑOS O SOPORTES EMERY Y EQUILIBRARSE COMO EN LOS SISTEMAS DE PALANCAS. SE PUEDEN USAR MANOMETROS ESPECIALES DE GRAN EXACTITUD(EMERY-TATNALL, BALDWIN-SOUTHWARK. EN EL SISTEMA TATE-EMERY (BALDWIN-SOUTHWARK), EL ELEMENTO MEDIDOR DE PRESION SE USA COMO UN INDICADOR DE CERO O EQUILIBRIO, SIENDO OBTENIDO EL EQUILIBRADO POR RESORTES ISO-ELASTICOS, Y DA LECTURAS DE EXACTITUD Y SENSIBILIDAD ESPECIALES.

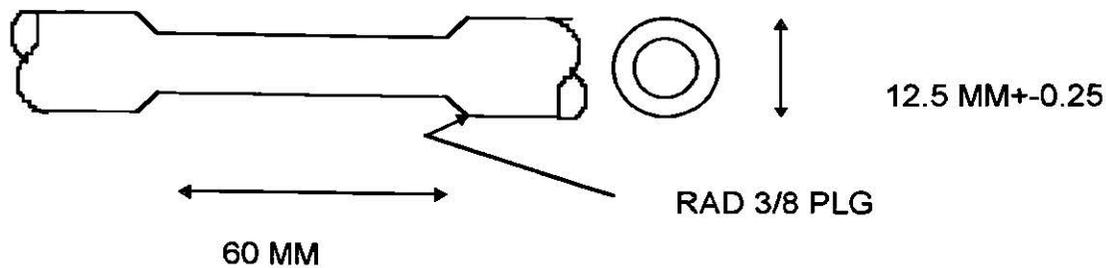
LAS MORDAZAS NO SOLO DEBEN SERVIR PARA SUJETAR LA PROBETA Y NO DEJARLA DESLIZAR, SINO TAMBIEN PARA APLICAR LA CARGA DE LA MANERA DESEADA. EL CENTRADO DE LA CARGA ES DE GRAN IMPORTANCIA EN LAS PRUEBAS DE COMPRESION Y NO DEBE DESCUIDARSE EN LOS ENSAYOS DE TRACCION SI ES MATERIAL FRAGIL, LA SIG FIGURA ILUSTRA LOS ERRORES TEORICOS DEBIDO A LA EXCENTRICIDAD O DESCENTRADO DE LA CARGA, LOS RESULTADOS SON DIRECTAMENTE APLICABLES A LAS PRUEBAS DE COMPRESION USANDO BLOQUES GIRATORIOS PARA LA APLICACION DE LA CARGA.

LAS MORDAZAS GIRATORIAS (DE ESFERA Y CAJA) O LOS BLOQUES DE COMPRESION DEBEN USARSE CON TODOS LOS MATERIALES, EXCEPTO LOS MUY DUCTILES, Y EN LOS ENSAYOS DE COMPRESION DE MATERIALES FRAGILES (HORMIGON, PIEDRA, LADRILLO) SE DEBEN RECUBRIR CON YESO TODAS LAS

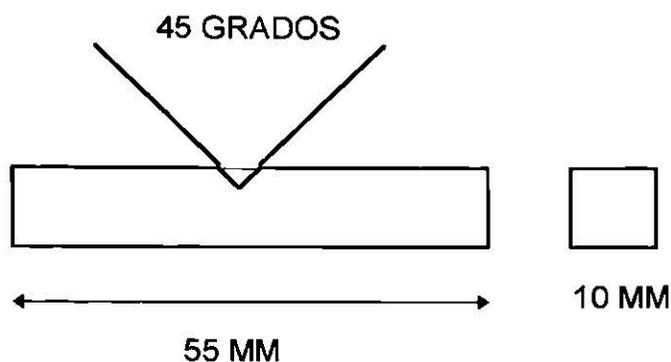
CARAS ASPERAS HASTA DEJARLAS LISAS, O BIEN, PARA MAYOR RESISTENCIA, CON UNA MEZCLA DE DOS TERCIOS DE YESO Y UN TERCIO DE CEMENTO PORTLAND. SE PUEDEN USAR MORDAZAS DENTELLADAS PARA SUJETAR MATERIALES DUCTILES O LOS VASTAGOS DE OTRAS MORDAZAS EN LAS PRUEBAS DE TRACCION, UNA CONICIDAD DE 1 EN 6 EN LAS CARAS ACUÑADORAS PRODUCE UNA ACCION DE AUTOAPRIETE SIN TRABAMIENTO EXCESIVO. LOS CABLES SE SUJETAN ORDINARIAMENTE EN EMPALMES PROTEGIDOS CON OJOS METALICOS, PERO LOS CABLES TRENZADOS O LAS CUERDAS PEQUEÑAS PUEDEN SUJETARSE DANDOLES VARIAS VUELTAS SOBRE UN PASADOR FIJO Y LUEGO SE ASEGURAN CON ABRAZADERAS. LOS CABLES DE ALAMBRE DEBEN AFIRMARSE CON CINC EN ENCAJES FORJADOS (LA SOLDADURA Y EL PLOMO NO TIENEN RESISTENCIA SUFICIENTE.

EXACTITUD Y CALIBRACION. LAS ESPECIFICACIONES ASTM E4-61T EXIGEN QUE LAS MAQUINAS COMERCIALES TENGAN ERRORES MENORES DEL 1% DENTRO DEL INTERVALO DE CARGAS AL COMPROBARSE CONTRA MODELOS NORMALIZADOS DE COMPARACION ACEPTABLES, A CUANDO MENOS CINCO CARGAS ADECUADAMENTE ESPACIADAS. EL INTERVALO DE CARGAS PUEDE SER CUALQUIERA DENTRO DEL CUAL QUEDEN SATISFECHAS LAS NECESIDADES MENCIONADAS DE PRECISION, PERO NO DEBE EXTENDERSE DESPUES DE 100 VECES LA CARGA MINIMA A LA QUE LA MAQUINA RESPONDA O QUE PUEDA SER LEIDA EN EL INDICADOR. BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA SE PERMITE EL EMPLEO DE GRAFICAS O TABLAS DE CALIBRACION PARA CORREGIR LOS RESULTADOS DE UNA MAQUINA QUE NO DE LA EXACTITUD NECESARIA.

SE PUEDEN EMPLEAR CARGAS MUERTAS PARA COMPROBAR MAQUINAS DE BAJA CAPACIDAD, Y PALANCAS DE PRUEBA CALIBRADAS O GRADUADAS CON EXACTITUD PARA AMPLIAR EL INTERVALO DE PESOS DISPONIBLES. VARIOS DISPOSITIVOS ELASTICOS (TALES COMO EL ANILLO PROBADOR DE MOREHOUSE) DE ACEROS CON TRATAMIENTOS ESPECIALES, Y CON DISPOSITIVOS SENSIBLES PARA MEDIR DISTORSIONES Y CALIBRADOS O GRADUADOS CON PESOS MUERTOS EN LA OFICINA DE NORMAS; SE ENCUENTRAN ENTRE LOS MEDIOS MAS SATISFACTORIOS PARA COMPROBAR LAS CARGAS MAS ELEVADAS.



PROBETA DE ENSAYO, LONGITUD DE MEDICION 50MM



EN LAS FIGURAS ANTERIORES SE ILUSTRAN ALGUNAS FORMAS ESTANDARES DE PROBETAS DE ENSAYO (ASTM). EN LOS MATERIALES FORJADOS, Y PARTICULARMENTE EN AQUELLOS QUE HAYAN SIDO TRABAJADOS EN FRIO, SE PUEDEN ESPERAR PROPIEDADES DIFERENTES EN DISTINTAS DIRECCIONES CON RESPECTO A LA DEL TRABAJO APLICADO, Y LA PROBETA DE ENSAYO DEBE CORTARSE DEL MATERIAL ORIGINAL DE TAL MANERA QUE SE OBTENGA LA RESISTENCIA EN LA DIRECCION DESEADA. CON EXCEPCION DE LAS PROBETAS PARA LA FATIGA Y LAS DE MATERIALES EXTREMADAMENTE FRAGILES, EL ACABADO DE LAS SUPERFICIES ES DE POCA IMPORTANCIA PRACTICA, AUNQUE UNA ASPEREZA EXTREMADA TIENDE A DISMINUIR EL ALARGAMIENTO A LA CARGA MAXIMA.

## **MAQUINAS DE PRUEBAS MECANICAS**

LAS MAQUINAS 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 LA LAMINA METALICA**

**MAQUINA DE TORSION**

**MAQUINA DE FATIGA**

CADA UNA DE ESTAS MAQUINAS TIENE SUS CORRESPONDIENTES ACCESORIOS O ADITAMIENTOS PARA LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS EN LOS MATERIALES, LOS CUALES SON RECOMENDADOS POR LAS AGENCIAS QUE NORMALIZAN LOS ENSAYES E INSPECCION DE LOS MATERIALES.

CUANDO SE REQUIERE PROBAR ALGUN PRODUCTO, POR LO QUE SE TIENE QUE HACER O DISEÑAR EL ADITAMIENTO CORRESPONDIENTE. O EN SU CASO LO QUE SUGIERA LA NORMA DEL ENSAYE

## **CONCEPTOS DE MEDICIÓN**

UN SISTEMA DE MEDICIÓN TAL COMO EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) SATISFACE CIERTOS CONCEPTOS. PARA CADA CANTIDAD DE LONGITUD, MASA, TIEMPO O TEMPERATURA ES NECESARIA UNA UNIDAD. EL SISTEMA SI ES UN SISTEMA DECIMAL COMPUESTO DE SEIS UNIDADES BÁSICAS, DOS UNIDADES SUPLEMENTARIAS Y UNIDADES DERIVADAS ADICIONALES. EN EL

SI LAS CANTIDADES DE LONGITUD, MASA Y TIEMPO TIENEN COMO UNIDADES AL METRO, EL KILOGRAMO Y EL SEGUNDO.

EL TÉRMINO METRIFICACIÓN SE REFIERE A LA CONVERSIÓN DE UNIDADES INGLESAS A MÉTRICAS. LA METRIFICACIÓN NO ES SIEMPRE UN SIMPLE PROCESO DE CONVERSIÓN DEBIDO A LOS ENGORROSOS NÚMEROS OBTENIDOS A MENUDO COMO RESULTADO CUANDO SE REQUIERE EXACTITUD.

AQUELLOS QUE USEN UN MISMO SISTEMA DEBEN ESTAR DE ACUERDO CON LAS UNIDADES Y NORMAS. LA MEDICIÓN PROPORCIONA LA MAGNITUD DE LA CANTIDAD, PERO UN CONOCIMIENTO ADICIONAL ACERCA DE LA EXACTITUD DE LA MEDICIÓN ES NECESARIO. LA CORRECCIÓN O EXACTITUD ES EL GRADO DE SEMEJANZA DE UN VALOR MEDIDO O CALCULADO CON ALGÚN VALOR ESPECIFICADO ESTÁNDAR RECONOCIDO. LA DIFERENCIA ENTRE EL VALOR MEDIDO Y EL VALOR VERDADERO ES EL ERROR DE LA MEDICIÓN. PRECISIÓN ES LA RESPETABILIDAD DEL PROCESO DE MEDICIÓN CUANDO ÉSTE SE HIZO EN CONDICIONES IDÉNTICAS. ESTOS CONCEPTOS DE PRECISIÓN SE APLICAN A UN CONJUNTO DE MEDICIONES NO A UNA SOLA DE ELLAS.

EL ERROR DE UN CONJUNTO DE MEDICIONES PUEDE SER ESTIMADO E INCLUYE CONTRIBUCIONES DEL AZAR DE LOS RESULTADOS CON RESPECTO AL PROMEDIO Y AQUELLOS DEBIDOS A LOS ERRORES SISTEMÁTICOS Y ALEATORIOS DEL PROCESO.

SENSIBILIDAD Y LEGIBILIDAD SE USAN EN LA DISCUSIÓN DE MEDIDAS. LA SENSIBILIDAD Y LA LEGIBILIDAD ESTÁN ASOCIADAS CON EL APARATO MIENTRAS QUE LA PRECISIÓN Y LA EXACTITUD ESTÁN ASOCIADAS CON EL PROCESO DE MEDICIÓN. LA SENSIBILIDAD ES LA HABILIDAD PARA DETECTAR DIFERENCIAS EN UNA CANTIDAD QUE ESTÁ SIENDO MEDIDA.

## **DIMENSIÓN Y TOLERANCIA**

EN LA ACOTACIÓN DE UN DIBUJO, LOS NÚMEROS COLOCADOS SOBRE LAS LÍNEAS E COTA REPRESENTAN DIMENSIONES QUE SÓLO SON APROXIMADAS Y NO INDICAN NINGÚN GRADO DE EXACTITUD A MENOS QUE ASÍ LO HAYA ESTABLECIDO EL DIBUJANTE. PARA ESPECIFICAR UN GRADO DE EXACTITUD, ES NECESARIO AGREGAR UNAS CIFRAS DE TOLERANCIA A LA

DIMENSIÓN. TOLERANCIA ES LA CANTIDAD DE VARIACIÓN PERMITIDA EN UNA PIEZA O EL TOTAL DE VARIACIÓN ADMISIBLE EN UNA DIMENSIÓN DADA.

LAS DIMENSIONES DADAS CON TOLERANCIAS CERRADAS INDICAN QUE LA PARTE DEBE AJUSTAR APROPIADAMENTE CON ALGUNA OTRA. AMBAS TOLERANCIAS DEBER SER DADAS DE ACUERDO CON EL JUEGO DESEADO, EL PROCESO DE MANUFACTURA DISPONIBLE Y EL COSTO MÍNIMO DE PRODUCCIÓN Y ENSAMBLADO QUE LLEVE AL MÁXIMO SU PROVECHO. GENERALMENTE HABLANDO, EL COSTO DE UNA PARTE AUMENTARÁ SI LA TOLERANCIA DISMINUYE.

JUEGO MÍNIMO, QUE ALGUNAS VECES ES CONFUNDIDO CON TOLERANCIA, TIENE UN SIGNIFICADO ENTERAMENTE DIFERENTE. ES EL CLARO MÍNIMO PROYECTADO ENTRE DOS PARTES ENSAMBLADAS Y REPRESENTA LA CONDICIÓN DE AJUSTE PERMISIBLE IDÓNEO.

LAS TOLERANCIAS PUEDEN SER UNILATERALES O BILATERALES. TOLERANCIA UNILATERAL SIGNIFICA QUE CUALQUIER VARIACIÓN SE HACE EN UNA SOLA DIRECCIÓN A PARTIR DE LA DIMENSIÓN NOMINAL O BASE. LAS TOLERANCIAS BILATERALES SON NORMALMENTE USADAS PARA DIMENSIONAR PARTES NO ENSAMBLADAS Y LAS UNILATERALES SÓLO PARA PARTES ENSAMBLADAS. EL SISTEMA UNILATERAL PERMITE CAMBIAR LA TOLERANCIA MIENTRAS PERMANECE FIJO EL MISMO JUEGO O TIPO DE AJUSTE. CON EL SISTEMA BILATERAL ESTO NO ES POSIBLE SIN CAMBIAR TAMBIÉN LA DIMENSIÓN NOMINAL DE UNA O AMBAS DE LAS PARTES ENSAMBLADAS. PARA TENER UNA INTERFERENCIA O FUERZA DE AJUSTE ENTRE PARTES ENSAMBLADAS, LAS TOLERANCIAS DEBEN SER AQUELLAS QUE CONSTITUYEN EL CERO O JUEGO NEGATIVO.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN ES CUALQUIER APARATO QUE PUEDE USARSE PARA OBTENER UNA MEDIDA DIMENSIONAL O ANGULAR. ALGUNOS INSTRUMENTOS TALES COMO REGLAS DE ACERO PUEDEN LEERSE DIRECTAMENTE; OTROS, COMO LOS CALIBRADORES SE USAN PARA TRASLADAR O COMPARAR DIMENSIONES. ASIMISMO, VARIOS PRINCIPIOS SE EMPLEAN EN LA OBTENCIÓN DE MEDIDAS.

## **INSTRUMENTOS MEDIDORES DE LONGITUD**

### **CALIBRADOR**

PUEDE UTILIZARSE PARA TOMAR MEDIDAS INTERIORES O EXTERIORES EN UN EXTENSO RANGO DE DIMENSIONES. EL VERNIER ESTÁ COMPUESTO DE UNA ESCALA PRINCIPAL O CUERPO GRADUADO EN MILÍMETROS PARA CADA CIFRA. USUALMENTE, PRIMERO SE OBSERVA EL VALOR SOBRE LA ESCALA PRINCIPAL Y SE LEE DIRECTAMENTE EN MILÍMETROS. LA LECTURA DEL VERNIER SE OBTIENE OBSERVANDO CUAL LÍNEA COINCIDE CON UNA LÍNEA DE LA ESCALA PRINCIPAL. EL MÉTODO DE MEDICIÓN NO ES TAN RÁPIDO COMO CON UN MICRÓMETRO PERO TIENE LA VENTAJA DE UN AMPLIO RANGO CON IGUAL EXACTITUD.

### **MICRÓMETRO**

SE USA PARA MEDIDAS RÁPIDAS Y EXACTAS DE DOS MILÉSIMAS DE MILÍMETRO. REQUIERE EL USO DE UNA ROSCA DE TORNILLO EXACTA COMO MEDIO PARA OBTENER UNA MEDIDA. EL TORNILLO ESTÁ UNIDO AL PALPADOR MÓVIL Y SE LE GIRA POR MEDIO DEL TAMBOR O DEL BOTÓN DE FRCCIÓN DEL EXTREMO. EL BARRIL QUE ESTÁ UNIDO AL CUERPO RÍGIDO ACTÚA COMO UNA TUERCA PARA CONDUCIR A LA ROSCA DEL TORNILLO, QUE ESTÁ HECHA ON N PASO DE EXACTAMENTE 0.5MM. CADA REVOLUCIÓN DEL TAMBOR AVANZA EL TORNILLO 0.5MM EN EL BARRIL SE ARCAN DOS GRADUACIONES SOBRE LA LÍNEA DE REFERENCIA.

PUESTO QUE UN MICRÓMETRO SÓLO LEE HASTA 25 MM, PARA CUBRIR UN RANGO AMPLIO DE DIMENSIONES, SE NECESITAN VARIOS TAMAÑOS DE MICRÓMETROS.

## **INSTRUMENTOS ÓPTICOS**

DEBIDO A SU EXTREMA EXACTITUD Y A SU HABILIDAD PARA MEDIR PARTES SIN PRESIÓN O CONTACTO, VARIOS INSTRUMENTOS ÓPTICOS HAN SIDO PROYECTADOS PARA INSPECCIÓN Y MEDICIÓN. EL MEDIDOR ÓPTICO PUEDE USARSE PARA MEDIR ALTURAS DE 1 PARTE EN 10 000 EN LOS TALLERES DE PRODUCCIÓN O MEDIDORES DE LABORATORIO.

## **COMPÁS Y COMPÁS DE PUNTAS**

SE USA EL COMPÁS PARA MEDIDAS APROXIMADAS, INTERNAS Y EXTERNAS. NO MIDE DIRECTAMENTE, SINO QUE DEBE SER COLOCADO AL TAMAÑO CON UNA REGLA DE ACERO O ALGUNA FORMA DE MEDIDOR QUE ESTÉ SIENDO USADO. EXISTEN COMPASES CONOCIDOS COMO COMPASES DE RESORTE, OTROS, LOS COMPASES HERMAFRODITAS, SE USAN PRINCIPALMENTE PARA EL TRAZADO DE CENTROS Y DE OTROS TRABAJOS. EL COMPÁS DE PUNTAS SE USA PARA TRANSPORTAR DIMENSIONES, DESCRIBIR CÍRCULOS Y EN GENERAL PARA TRABAJOS DE TRAZADO.

## **MEDICIÓN ANGULAR**

ESTÁ ESTANDARIZADA POR EL RADIÁN. ES LA UNIDAD DE MEDICIÓN DEL ÁNGULO PLANO CON SU VÉRTICE EN EL CENTRO DE UN CÍRCULO SUBTENDIDO POR UN ARCO IGUAL EN LONGITUD AL RADIO.

LA ESCUADRA LLANA O UNIVERSAL MIDE DIRECTAMENTE EN GRADOS Y SE ADAPTA A CUALQUIER TIPO DE TRABAJO EN EL QUE LOS ÁNGULOS HAN SIDO TRAZADOS O ESTABLECIDOS.

## **BARRA DE SENOS**

ES UN SENCILLO APARATO QUE SE USA YA SEA PARA MEDICIONES EXACTAS DE ÁNGULOS O PARA TRABAJOS DE LOCALIZACIÓN DE UN ÁNGULO DADO. LA OPERACIÓN DE LA BARRA DE SENOS ESTÁ BASADA EN LA RELACIÓN SENO DE UN ÁNGULO QUE ES IGUAL AL LADO OPUESTO DIVIDIDO ENTRE LA

HIPOTENUSA. LA MEDICIÓN DEL LADO DESCONOCIDO ES HECHA POR MEDIO DE UN MEDIDOR DE ALTURAS O DE BLOQUES DE PRECISIÓN.

## **MEDICIONES DE SUPERFICIE**

LOS INSTRUMENTOS PARA VERIFICAR SUPERFICIES SON PARA OBTENER ALGUNA MEDIDA DE LA EXACTITUD DE ELLAS O DE LA CONDICIÓN DE SU TERMINADO.

### **CALIBRADOR DE ALTURAS**

SIRVE PARA VERIFICAR LA EXACTITUD O PARALELISMO DE SUPERFICIES, Y PARA TRANSPORTAR MEDIDAS EN TRABAJOS DE TRAZADO RAYADO SOBRE UNA SUPERFICIE VERTICAL. CUANDO SE USA CON EL RAYADOR ES UN MEDIDOR DE TRAZOS O INSTRUMENTO DE LOCALIZACIÓN, SI EL RAYADOR SE SUSTITUYE POR UN INDICADOR DE CARÁTULA O UN TRANSDUCTOR, ENTONCES SE CONVIERTE EN UN INSTRUMENTO DE PRECISIÓN PARA VERIFICAR SUPERFICIES.

### **PLANO ÓPTICO**

MEDICIONES HASTA 25 MM. SE HACEN POR INTERFEROMETRÍA, LA CIENCIA DE LAS MEDICIONES CON ONDAS DE LUZ. LAS MEDICIONES POR ESTE PRINCIPIO SE HACEN CON INSTRUMENTOS CONOCIDOS COMO PLANOS ÓPTICOS. SON LENTES PLANAS CON SUPERFICIES MUY CUIDADOSAMENTE PULIDAS QUE TIENEN LA CUALIDAD DE TRANSMITIR LA LUZ.

UNO DE LOS USOS COMUNES PARA PLANOS ÓPTICOS ES LA VERIFICACIÓN DE SUPERFICIES PLANAS.

### **RUGOSIDAD DE SUPERFICIE**

SE HAN DESARROLLADO ALGUNOS APARATOS PARA MEDIR RUGOSIDAD DE SUPERFICIE. EL PROCESO MÁS SIMPLE ES UNA COMPARACIÓN VISUAL CON UN PATRÓN ESTABLECIDO. OTROS MÉTODOS INCLUYEN COMPARACIÓN MICROSCÓPICA, MEDICIÓN DIRECTA DE LA PROFUNDIDAD DE HUELLA POR INTERFERENCIA LUMINOSA Y LA MEDICIÓN DE LA SOMBRA AMPLIFICADA

EMITIDA POR LAS HUELLAS SOBRE UNA SUPERFICIE. EL PROCEDIMIENTO USUAL ES EMPLEAR UN ESTILETE DE DIAMANTE QUE PALPA SOBRE LA SUPERFICIE QUE ESTÁ SIENDO INVESTIGADA Y REGISTRA UN PERFIL AMPLIFICADO DE LAS IRREGULARIDADES.

### **RAYO LASER**

EL USO DE LOS LASER DE GAS HELIO-NEÓN SE HA INCREMENTADO MUCHO EN LA INSPECCIÓN Y EL ENSAMBLE DE GRANDES MÁQUINAS, DEBIDO A QUE ES EL SOLO MÉTODO QUE PROPORCIONA UNA LÍNEA RECTA VISIBLE. EL BRILLO DEL RAYO ROJO NO SE COMBA O DOBLA Y ES CAPAZ DE DETERMINAR DISTANCIAS LINEALES DENTRO DE 100 MM. NO EXISTE OTRO SISTEMA DE INSPECCIÓN CON ESTA EXACTITUD SOBRE DISTANCIAS TAN LARGAS. LOS LASER SE USAN EN TALLERES DE PRODUCCIÓN Y EN LABORATORIOS DE INSPECCIÓN PARA VERIFICAR RECTITUD, PLANICIDAD, PERPENDICULARIDAD Y NIVELACIÓN.

### **CLASIFICACIÓN DE CALIBRES**

PARA LOGRAR LA RÁPIDA MEDICIÓN REQUERIDA EN TRABAJO DE PRODUCCIÓN, SE USA UN APARATO QUE MIDE CON UNA FORMA O TAMAÑO FIJO. A TAL APARATO SE LE LLAMA CALIBRE Y REPRESENTA UN PATRÓN CON EL CUAL LAS PARTES MANUFACTURADAS SE COMPARAN. UN CALIBRE ES UN APARATO USADO PARA DETERMINAR SI LA PARTE HA SIDO HECHA A LA TOLERANCIA REQUERIDA Y USUALMENTE NO INDICA UNA DIMENSIÓN ESPECÍFICA. LOS CALIBRES DE INSPECCIÓN SON AQUELLOS QUE USAN LOS INSPECTORES EN LA ACEPTACIÓN FINAL DEL PRODUCTO.

### **CALIBRES**

EL VALOR VERDADERO DE UN CALIBRE SE MIDE POR SU EXACTITUD Y VIDA EN SERVICIO LA CUAL, POR OTRO LADO, DEPENDE DE LA MANO DE OBRA Y MATERIALES USADOS EN SU MANUFACTURA.

### **CALIBRES DE EXTERIORES**

USADO EN LA MEDICIÓN DE DIMENSIONES PLANAS EXTERIORES CONSISTE EN UN BASTIDOR FORMADO EN U QUE TIENE QUIJADAS CON SUPERFICIES APROPIADAS DE CALIBRACIÓN. UN CALIBRE TIENE DOS QUIJADAS PARALELAS O TOPEES QUE ESTÁN HECHOS PARA ALGUNOS TAMAÑOS NORMALIZADOS Y NO PUEDEN AJUSTARSE. ESTE TIPO DE CALIBRE ESTÁ SIENDO MUY DESPLAZADO POR CALIBRES AJUSTABLES QUE PROPORCIONAN LA POSIBILIDAD DE CAMBIAR LA POSICIÓN DE LA TOLERANCIA O AJUSTAR POR DESGASTE.

### **CALIBRE DE INTERIORES**

ES UN CILINDRO PRECISO USADO COMO CALIBRE INTERNO PARA EL CONTROL DEL TAMAÑO DE AGUJEROS. ESTÁ PROVISTO DE UN MINERAL ADECUADO PARA SOSTENERLO Y ESTÁ HECHO EN VARIOS ESTILOS. ESTOS CALIBRES PUEDEN SER DE SIMPLE O DOBLE EXTREMO. LOS CALIBRES SENCILLOS DE DOBLE EXTREMO TIENEN LOS MIEMBROS "PASA" Y "NO PASA". ENSAMBLADOS EN EXTREMOS OPUESTOS, MIENTRAS QUE LOS CALIBRES PROGRESIVOS TIENEN AMBAS SECCIONES DE CALIBRADO COMBINADAS EN UN EXTREMO.

### **INDICADOR DE CARÁTULA**

ESTÁ COMPUESTO DE UNA CARÁTULA GRADUADA, UN VÁSTAGO, UNA MANECILLA Y LOS MEDIOS ADECUADOS PARA FIJARLO O SOPORTARLO FIRMEMENTE. LA MAYORÍA DE LOS INDICADORES TIENEN UN VÁSTAGO CUYO RECORRIDO ES IGUAL A  $2 \frac{1}{2}$  REVOLUCIONES DE LA MANECILLA. ESTE HERRAMIENTO PUEDE CONSIDERARSE COMO UN APARATO DE MEDICIÓN O COMO UN CALIBRE.

### **PROYECTOR DE PERFILES**

ESTÁ DISEÑADO CON EL MISMO PRINCIPIO DE LA LINTERNA PROYECTORA. SE COLOCA UNA IMAGEN ENFRENTA DE LA FUENTE LUMINOSA, Y

LA SOMBRA DEL PERFIL SE PROYECTA EN UNA PANTALLA A ALGUNA ESCALA AMPLIFICADA. EL OBJETO QUE VA A INSPECCIONARSE ES SOPORTADO TAL CUAL, COMO EL RAYO DE LUZ PASA POR EL CONTORNO DEL OBJETO, ENTRA A LAS LENTES DE PROYECCIÓN Y ES REFLEJADO A LA PANTALLA.

### **CALIBRES NEUMÁTICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

DEBIDO A SU VELOCIDAD, EXACTITUD Y ADAPTABILIDAD PARA LA INSPECCIÓN AUTOMÁTICA, LOS CALIBRES NEUMÁTICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS SE USAN COMO APARATOS DE INSPECCIÓN Y DE PRODUCCIÓN. ESTOS CALIBRES PUEDEN USARSE PARA:

1. VERIFICAR CALIBRES Y PATRONES DIMENSIONALES
2. INSPECCIÓN PIEZA POR PIEZA
3. INSPECCIÓN AUTOMÁTICA
3. INSPECCIÓN AUTOMÁTICA Y MÁQUINA DE CONTROL.

### **CALIBRES NEUMÁTICOS**

EL CALIBRADO CON AYUDA DE AIRE COMPRIMIDO SE REALIZA CON CUALQUIER MEDIDOR, EL AIRE COMO VIENE DE FUERA DEL CALIBRE O MEDIDOR FLUYE POR CONTRAPRESIÓN. LOS CALIBRES DE ESTA CLASE PUEDEN USARSE PARA VERIFICACIONES INTERNAS Y EXTERNAS, Y VERIFICACIÓN MÚLTIPLE DE VARIAS DIMENSIONES PUEDEN HACERSE SIMULTÁNEAMENTE. LOS CALIBRES NEUMÁTICOS TIENEN LAS VENTAJAS SIGUIENTES:

1. RÁPIDOS Y DE OPERACIÓN SENCILLA
2. EXACTITUD DE ALREDEDOR DE 0.01 MM.
3. RELATIVAMENTE BARATO
4. NO MARCA LA LISURA MÁS FINA O EL TERMINADO MÁS BLANDO
5. LAS DIMENSIONES PUEDEN AMPLIFICARSE Y EXHIBIRSE
6. VARIAS DIMENSIONES PUEDEN LEERSE A LA VEZ, LO CUAL FACILITA LA INSPECCIÓN Y ENSMBLES SELECTIVOS.
7. PUEDEN ADAPTARSE CON CALIBRES ELÉCTRICOS O ELECTRÓNICOS Y AMPLIFICADORES.

## **CALIBRES ELÉCTRICOS**

EMPLEAN YA SEA MICROINTERRUPTORES SENSITIVOS(CALIBRES DE CONTACTO) O INDICADORES DE CARÁTULA EQUIPADOS CON DOS INTERRUPTORES LÍMITE. LAS UNIDADES TIPO MICROINTERRUPTOR SE EMPLEAN USUALMENTE PARA LA INSPECCIÓN DE PARTES MUY GRANDES QUE TIENEN TOLERANCIAS DE AL MENOS 0.05 M. ESTE TIPO DE CALIBRE ES RÁPIDO, CON EXACTITUD DE 0.003 MM, Y PUEDE USARSE EN INSPECCIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICOS.

## **CALIBRES ELECTRÓNICOS**

SON MUY POPULARES EN LA PRODUCCIÓN, INSPECCIÓN Y CONTROL. LA MAYORÍA DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN ESTÁN COMPUESTOS DE UNA COMBINACIÓN GENERALIZADA DE TRES ESTACIONES. LA PRIMERA ESTACIÓN ES EL TRANSDUCTOR-DETECTOR, SEGUIDO POR UNA ESTACIÓN MODIFICADORA INTERMEDIA Y UNA ESTACIÓN TERMINAL.

## **MAQUINA DE MEDICION**

LOS APARATOS ELECTRÓNICOS DE MEDICIÓN PUEDEN MONTARSE SOBRE MÁQUINAS PARA CONTROLAR DIMENSIONES DINÁMICAMENTE. USÁNDOLA COMO CALIBRE, CONTROLA LA CANTIDAD DE METAL REMOVIDO, Y AYUDA A REDUCIR DESPERDICIO. DURANTE LA ELIMINACIÓN DE MATERIALES GRUESOS, SU USA POCA AMPLIFICACIÓN; SIN EMBARGO, DURANTE LOS PROCESOS DE TERMINADO SE USA MUCHA AMPLIFICACIÓN.

## **MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE INSPECCIÓN**

SON USUALMENTE UNIDADES DE UN SOLO TIPO DISEÑADAS PARA MEDIR O INSPECCIONAR UNA PIEZA PRODUCIDA EN MASA. LAS UNIDADES DE MEDICIÓN SE EMPLEAN DE MANERA SECUENCIALEN UN CICLO CALCULADO, Y LOS RESULTADOS SON, YA SEA MOSTADOS PARA UNA DECISIÓN DE

INSPECCIÓN O, MÁS FRECUENTEMENTE, LAS PIEZAS SON CLASIFICADAS O RECHAZADAS POR MECANISMOS PROPIOS DE LA MÁQUINA.

## **INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA**

### **MEDICIÓN DE DUREZA**

ES PRÁCTICA COMÚN TENER TOLERANCIAS DE DUREZA SOBRE PARTES TRATADAS TERMICAMENTE. PUESTO QUE LA MAYORÍA DE LAS PARTES ESTÁN EN SU ESTADO FINAL O CERCA DE SU ESTADO FINAL DE PRODUCCIÓN, CUANDO SE DETERMINA LA DUREZA, EL EQUIPO DEBE SELECCIONARSE DE MANERA QUE CAUSE UNA IMPRESIÓN Y UNA DISTORSIÓN MÍNIMA EN LA PIEZA.

### **INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

EN ESTA INSPECCIÓN, UN INTENSO CAMPO MAGNÉTICO ES COLOCADO SOBRE LA PIEZA POR INSPECCIONAR. GRIETAS, HUECOS, DISCONTINUIDADES DEL MATERIAL PROVOCAN QUE LAS LÍNEAS DE FLUJO MAGNÉTICO SE DISTORSIONEN EN LA PIEZA Y SE INTERRUMPAN A TRAVÉS DE LA SUPERFICIE. POLVOS FERROMAGNÉTICOS APLICADOS A LA PIEZA SE JUNATAN EN EL PUNTO DONDE EXISTE EL DEFECTO. ESTE MÉTODO SE USA PARA INDICAR IMPERFECCIONES DE SUPERFICIE EN CUALQUIER MATERIAL QUE PUEDA MAGNETIZARSE.

### **INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA**

SE REALIZA POR EXPOSICIÓN DE LA PIEZA YA SEA A RAYOS X, RAYOS GAMMA O RADIOISÓTOPOS E INSPECCIONANDO LA IMAGEN CREADA POR LA RADIACIÓN EN UN FLUOROSCOPIO O PELÍCULA. LOS RAYOS X SON MUY SENSIBLES Y PUEDEN USARSE PARA INSPECCIONAR CUALQUIER ESPESOR DE CASI CUALQUIER MATERIAL FERROSO, NO FERROSO, ORGÁNICO E INORGÁNICO. LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE LA INSPECCIÓN POR RAYOS GAMMA SON SU BAJO COSTO Y LO PORTÁTIL DE LA FUENTE.

## INSTRUMENTOS DE MEDICION

LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION QUE SE REQUIEREN PARA OBTENER LOS DATOS INICIALES Y LOS FINALES SOBRE EL ESPECIMEN 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 Y ESTERIORES

EXTENSOMETRO  
PARA LA MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS LINEALES DE  
CARATULA  
DIGITALES

INDICADOR DE DEFORMACION (PUENTE DE WHEATSTONE)  
CONSIDERANDO LOS STRAINGAGES O MEDIDORES DE  
DEFORMACION ELECTRICOS QUE SE PEGAN O INSTRUMENTAN EN LA PIEZA A  
PROBAR PARA DETERMINAR LA DEFORMACION PUNTO POR PUNTO Y EN  
CUALQUIER DIRECCION QUE SE DESEE O REQUIERA.

## MEDIDOR DE DEFORMACION ELECTRICO

PARA COLOCARLO DIRECTAMENTE SOBRE EL MATERIAL Y DETECTAR A TRAVES DEL GRAFICADOR O EN PANTALLA DEL MONITOR DE LA MICROCOMPUTADORA, SI SE TIENE UNA MAQUINA PROGRAMABLE (AUTOMATIZADA POR MEDIO DEL SOFTWARE) EL PUNTO DE CEDENCIA DEL MATERIAL A PROBAR.

## PLANIMETRO

PARA LA OBTENCION DE LAS AREAS DE LA GRAFICA DE ESFUERZO CONTRA DEFORMACION, PARA DETERMINAR LA RESILENCIA, TENACIDAD UNITARIOS Y PUEDEN SER DEL TIPO:

MECANICO  
DE CARATULA  
DIGITAL

## NOTA

TODOS ESTOS INSTRUMENTOS DE MEDICION DEBEN ESTAR EN BUEN ESTADO, CALIBRADOS Y CERTIFICADOS, PARA SU USO AL IGUAL QUE SI TIENEN CADUCIDAD VERIFICAR SU REPOSICION YA QUE INFLUYEN EN LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LA PIEZA O ESPECIMEN, AL IGUAL QUE EN LAS PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS MECANICAS DEL MATERIAL O PRODUCTO.

## **BIBLIOGRAFIA**

ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES  
DAVIS, TROXELL, Y WISKOILC  
HARLA

PROCESOS DE MANUFACTURA  
B.H. AMSTEAD, OSTWALD  
CECSA

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO  
MARKS  
MC GRAW HILL

TOMOS DE LA ASTM PARA METALES Y POLIMEROS

LA CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES  
DONALD, R. ASKELAND

POLIMEROS Y CERAMICOS  
MEMORIAS DEL SEMINARIO DE POLIMEROS Y CERAMICOS

CATALOGOS Y MANUALES DE OPERACION DE MAQUINAS, ACCESORIOS Y  
ADITAMIENTOS PARA CADA UNO DE LOS ENSAYES  
TINIUS OLSEN USA

EXPEDIENTES DE PRUEBAS MECANICAS A LA INDUSTRIA PARA DIVERSOS  
MATERIALES Y PRODUCTOS, REALIZADAS POR ING. DANIEL RAMIREZ EN LOS  
LABORATORIOS DE PRUEBAS MECANICAS DE LA FIME UANL DESDE 1974 A LA  
FECHA

MATERIALES PARA INGENIERIA  
VAN BLACK

LIENTE : (0007800) ARALMEX, S. A. DE C. V.  
 ALIDAD REQUERIDA : ZHYLTP  
 TIPO DE PRODUCTO : RFR  
 ALABRE : 010897  
 PROCESO : 89  
 ANCHO : 16.000  
 ACERD : 6081  
 ORDEN F. : 401242  
 FOLIO : 000262  
 FECHA : 02/11/95  
 HORA : 10:14:19  
 FECHA SOLICITUD : 01/11/95  
 HORA SOLICITUD : 13:46:34

PLAN DE MUESTREO  
 TIPO PROBETA : C2R1-2A  
 PROBETAS : -1PL

TRANSVERSAL	LONGITUDINAL	ESP.	ANCHO	AREA	ESP.	CECENCIA	ESP.	MAXIMO	REL.	EL.	OBSERVACIONES	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	CM	CM	CM2	KGS	KG/CM2	KGS	KG/CM2	EC/EM	
0000	9998	1758	9999	225	1.27	28	579	2025	930	3254	.6	43
0000	9998	1934	9999	230	1.26	28	649	2239	916	3160	.7	44
00	98	30	99									



Metal	Resistencia de tracción, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>	Resistencia de cedencia, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>	Alargamiento máximo, %	Reducción de área, %	Número Brinell
Fundición de hierro	18-60	8-40	0	0	100-300
Hierro forjado	45-55	25-35	35-25	55-30	100
Hierro comercialmente puro, recocido	42	19	48	85	70
Laminado en caliente	48	30	30	75	90
Laminado en frío	100	95			200
Acero estructural ordinario	50-65	30-40	40-30		120
Baja aleación, alta resistencia	65-90	40-80	30-15	70-40	150
Acero SAE 1300, recocido	70	40	26	70	150
Templado, revenido 1 300°F	100	80	24	65	200
Revenido 1 000°F	130	110	20	60	260
Revenido 700°F	200	180	14	45	400
Revenido 400°F	240	210	10	30	480
Acero SAE 4340, revenido	80	45	25	70	170
Templado, revenido 1 300°F	130	110	20	60	270
Revenido 1 000°F	190	170	14	50	395
Revenido 700°F	240	215	12	48	480
Revenido 400°F	290	260	10	44	580
Acero laminado en frío, SAE 1112	84	76	18	45	160
Acero inoxidable 18-8	85-95	30-35	60-55	75-65	145-160
Fundiciones de acero, trat. térmicamente	60-125	30-90	33-14	65-20	120-250
Aluminio puro, laminado	13-24	5-21	35-5		23-44
Fundiciones de aleaciones aluminio-cobre	19-23	12-16	4-0		50-80
Forjas tratadas térmicamente	30-60	10-50	33-15		50-120
Aluminio de fundición a presión	30		2		
Aleación de aluminio 17ST	56	34	26	39	100
Aleación de aluminio 51ST	48	40	20	35	105
Cobre recocido	32	5	58	73	45
Cobre estirado en frío	68	60	4	55	100
Latones varios	40-120	8-80	60-3		50-170
Bronce fosforoso	40-130		55-5		50-200
Bronce Tobin, laminado	63	41	40	52	120
Aleaciones de magnesio varias	21-45	11-30	17-0.5		47-78
Metal Monel, 70 Ni, 30 Cu	100	50	35		170
Molibdeno, fundición arco	97	91	28*	40	260
Zirconio, barra cristal	24-43	8-26	54-24	75-25	70-130
Titanio (99.0 Ti), barra recocida	95	80	47	27	
Hierro dúctil, grado 90-65-02, como saje de fundición	95-105	70-75	2.5-5.5		225-265

Esfuerzo de compresión de fundición hierro 80 000 a 150 000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Resistencia de cedencia de compresión de todos los metales, excepto los trabajados en frío = resistencia de cedencia de tracción.

Esfuerzo, 1 000 lb/pulg<sup>2</sup> × 6.894 = esfuerzo, MN/m<sup>2</sup>.

\*Longitud de medición de 1 pulg.

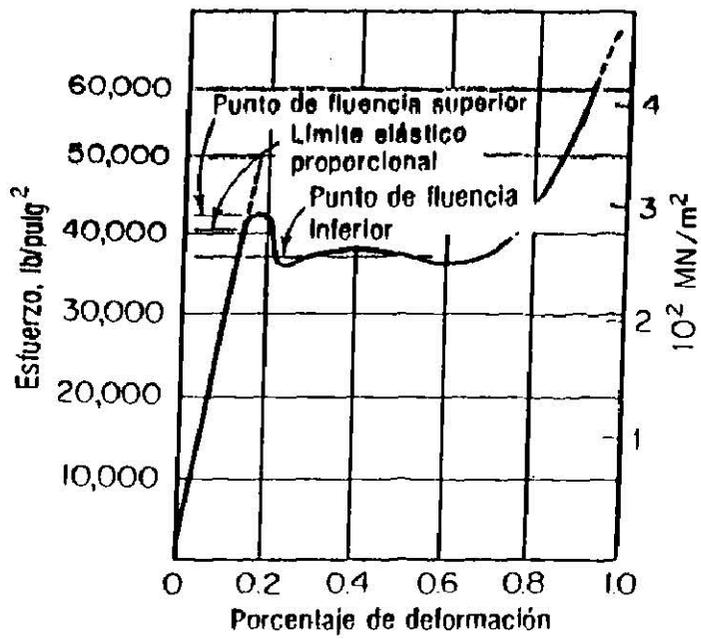
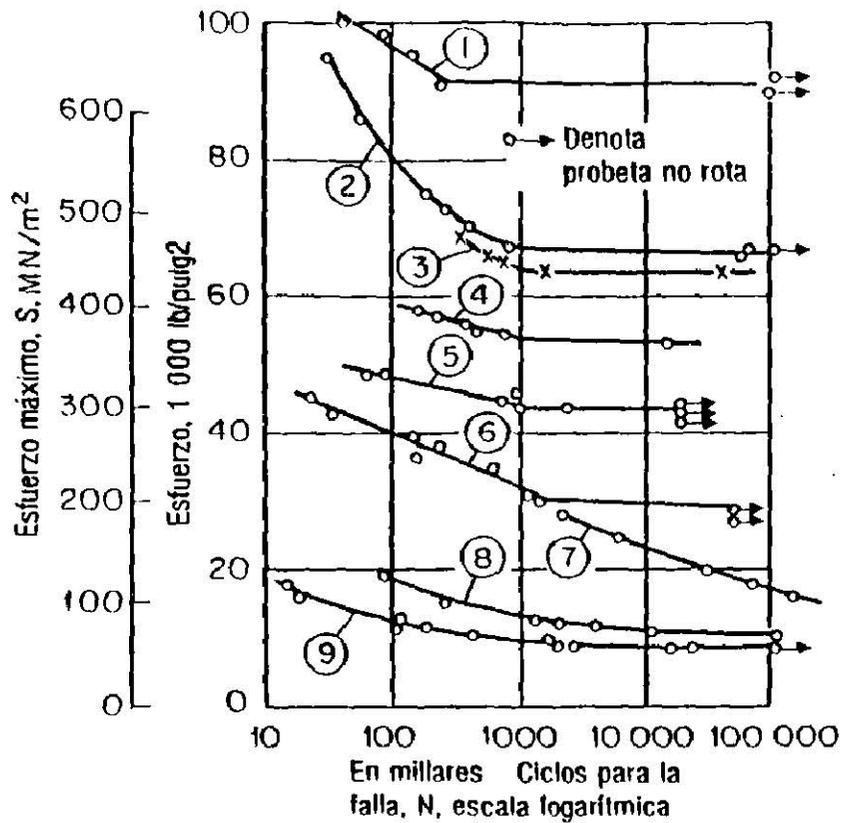


Fig. 4 Fluencia del acero recocido.

**Tabla 5. Límites de fatiga típicos aproximados para flexión opuesta**

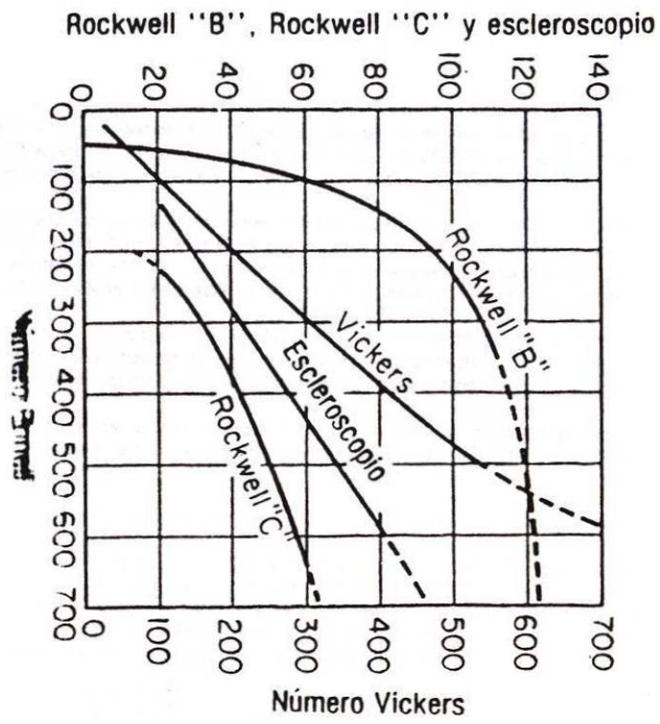
	Resistencia de tracción, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>	Límite de fatiga, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>		Resistencia de tracción, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>	Límite de fatiga, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>
Metal			Metal		
Fundición de hierro	20-50	6-18	Cobre	32-50	12-17
Hierro maleable	50	24	Monel	70-120	20-50
Fundición de acero	60-80	24-32	Bronce fosforoso	55	12
Hierro Armco	44	24	Bronce Tobin, duro	65	21
Aceros al carbono sencillos	60-150	25-75	Fundición de aleaciones de aluminio	18-40	6-11
SAE 6150, tratado térmicamente	200	80	Forjas de aleaciones de aluminio	25-70	8-18
Nitralloy (acero para nitruración)	125	80	Aleaciones de magnesio	20-45	7-17
Latones varios	25-75	7-20	Molibdeno, como sale de fundición	98	45
Zirconio, barra de cristal	52	16-18	Titanio (Ti-75A)	91	45

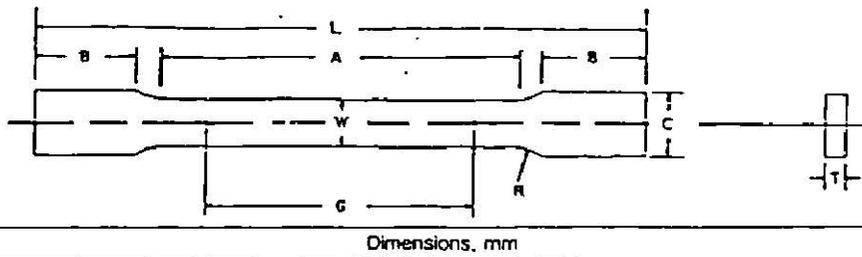
Esfuerzo, 1 000 lb/pulg<sup>2</sup> x 6.894 = esfuerzo, MN/m<sup>2</sup>.



**Fig. 17** Diagramas S-N de ensayos de fatiga: 1) acero de 1.20 C, templado, revenido 733 K (860°F); 2) SAE 3420, templado, revenido 923 K (2 200°F); 3) aleación acero estructural; 4) SAE 1050, templado, revenido 1 200°F; 5) SAE 4130, normalizado, recocido; 6) acero estructural ordinario; 7) Duraluminio; 8) cobre recocido; 9) fundición de hierro. (Flexión opuesta.)

Fig. 22 Escalas de dureza.





Dimensions, mm

Nominal Width	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type 40 mm	Sheet-Type 12.5 mm	6 mm
G—Gage length (Notes 1 and 2)	200.0 ± 0.2	50.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1
W—Width (Notes 3 and 4)	40.0 ± 2.0	12.5 ± 0.2	6.0 ± 0.1
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25	12.5	6
L—Overall length, min (Notes 2 and 7)	450	200	100
A—Length of reduced section, min	225	57	32
B—Length of grip section, min (Note 8)	75	50	30
C—Width of grip section, approximate (Notes 4 and 9)	50	20	10

NOTE 1—For the 40-mm wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 25 mm apart, or one or more pairs of punch marks 200 mm apart, may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 40-mm wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (A) of 75 mm may be used with all other dimensions similar to the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.10, 0.05 or 0.02 mm, respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 1% larger than the width at the center.

NOTE 4—For each of the three sizes of specimens, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used.

NOTE 5—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 40-mm wide specimens shall be 5 mm. Maximum thickness of 12.5-mm and 6-mm wide specimens shall be 19 mm and 6 mm, respectively.

NOTE 6—For the 40-mm wide specimen, a 13-mm minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 690 MPa in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

NOTE 7—To aid in obtaining axial loading during testing of 6-mm wide specimens, the overall length should be as large as the material will permit, up to 200 mm.

NOTE 8—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two-thirds or more of the length of the grips. If the thickness of 12.5-mm wide specimens is over 10 mm, longer grips and corresponding longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 9—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 2.5, 0.25, and 0.10 mm, respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the 12.5-mm wide specimen shall be symmetrical within 0.2 mm.

NOTE 10—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2W from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. In acceptance testing, if the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

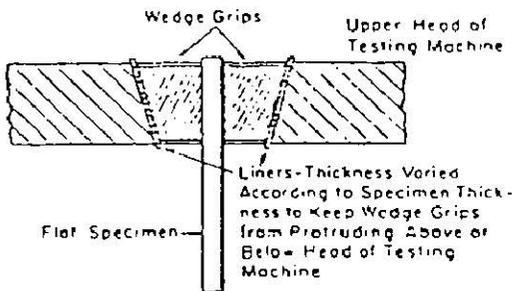


FIG. 2 Wedge Grips with Liners for Flat Specimens

7.10.3 The specimen's properties were changed because of poor machining practice,

7.10.4 The test procedure was incorrect,

7.10.5 The fracture was outside the gage length,

7.10.6 For elongation determinations, the fracture was outside the middle half of the gage length, or

7.10.7 There was a malfunction of the testing equipment.

NOTE 26—The tension specimen is inappropriate for assessing some types of imperfections in a material. Other methods and specimens employing ultrasonics, dye penetrants, radiography, etc., may be considered when flaws such as cracks, flakes, porosity, etc., are revealed during a test and soundness is a condition of acceptance.

## 8. Report

8.1 Test information on materials not covered by a product specification should be reported in accordance with 8.2 or both 8.2 and 8.3.

8.2 Test information to be reported shall include the following when applicable:

8.2.1 Material and sample identification.

8.2.2 Specimen type (Section 6).

8.2.3 Yield strength and the method used to determine yield strength (see 7.4).

8.2.4 Yield point and the method used to determine yield point (see 7.5).

8.2.5 Tensile strength (see 7.6).

8.2.6 Elongation (report both the original gage length and the percentage increase) (see 7.7).

8.2.7 Reduction of area (see 7.8).

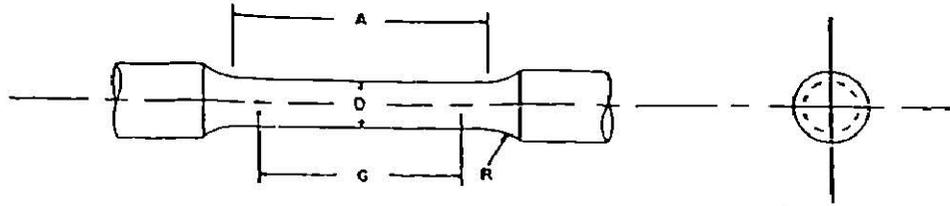
8.3 Test information to be available on request shall include:

8.3.1 Specimen test section dimension(s).

8.3.2 Formula used to calculate cross-sectional area of specimens taken from large-diameter tubular products.

8.3.3 Speed and method used to determine speed of testing (see 7.3).

8.3.4 Method used for rounding of test results (see 7.9).



Dimensions, mm

Standard Specimen      Small-Size Specimens Proportional To Standard

	12.5	9	6	4	2.5
G—Gage length	62.5 ± 0.1	45.0 ± 0.1	30.0 ± 0.1	20.0 ± 0.1	12.5 ± 0.1
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2	9.0 ± 0.1	6.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	2.5 ± 0.1
R—Radius of fillet, min	10	8	6	4	2
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75	54	36	24	20

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 1% larger in diameter than the center (controlling dimension).

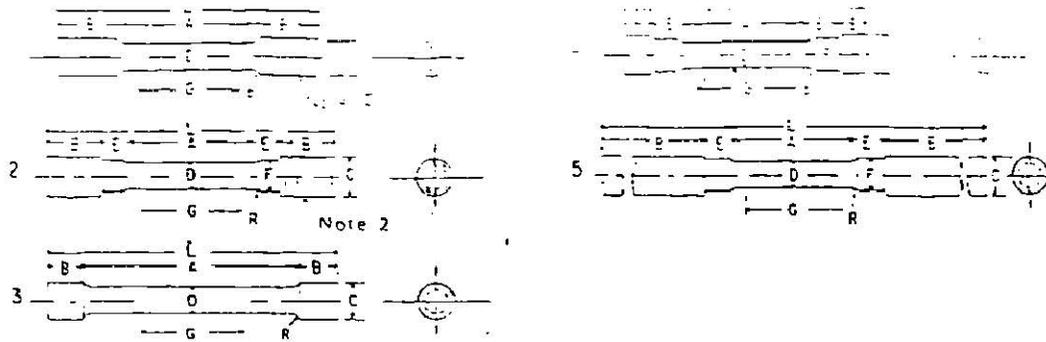
NOTE 2—If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference marks for the measurement of elongation should, nevertheless, be spaced at the indicated gage length.

NOTE 3—The gage length and fillets shall be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load may be axial (see Fig. 9). If the ends are to be held in wedge grips it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 4—On the round specimens in Figs. 8 and 9, the gage lengths are equal to five times the nominal diameter. In some product specifications other specimens may be provided for, but the 5-to-1 ratio is maintained within dimensional tolerances, the elongation values may not be comparable with those obtained from the standard test specimen.

NOTE 5—The use of specimens smaller than 6 mm in diameter shall be restricted to cases when the material to be tested is of insufficient size to obtain larger specimens or when all parties agree to their use for acceptance testing. Smaller specimens require suitable equipment and greater skill in both machining and testing.

FIG. 8 Standard 12.5-mm Round Tension Test Specimen with Gage Lengths Five Times the Diameters (5D), and Examples of Small-Size Specimens Proportional to the Standard Specimen



Dimensions, mm

	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	62.5 ± 0.1	62.5 ± 0.1	62.5 ± 0.1	62.5 ± 0.1	62.5 ± 0.1
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2	12.5 ± 0.2	12.5 ± 0.2	12.5 ± 0.2	12.5 ± 0.2
R—Radius of fillet, min	10	10	2	10	10
A—Length of reduced section	75, min	75, min	100, approximately	75, min	75, min
L—Overall length, approximate	145	155	140	140	255
B—Length of end section (Note 3)	35, approximately	25, approximately	20, approximately	15, approximately	75, min
C—Diameter of end section	20	20	20	22	20
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	...	15	...	20	15
F—Diameter of shoulder	...	15	...	15	15

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 1% larger in diameter than the center.

NOTE 2—On Specimens 1 and 2, any standard thread is permissible that provides for proper alignment and aids in assuring that the specimen will break within the reduced section.

NOTE 3—On Specimen 5 it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

FIG. 9 Various Types of Ends for Standard Round Tension Test Specimens

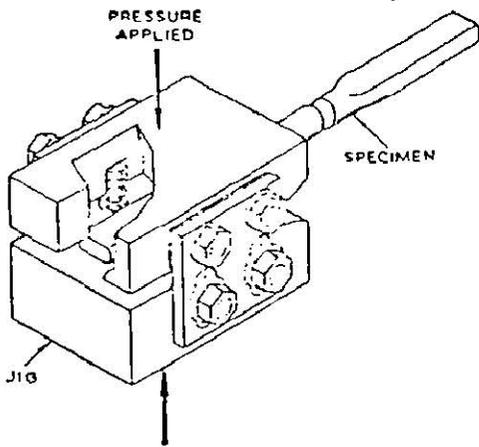
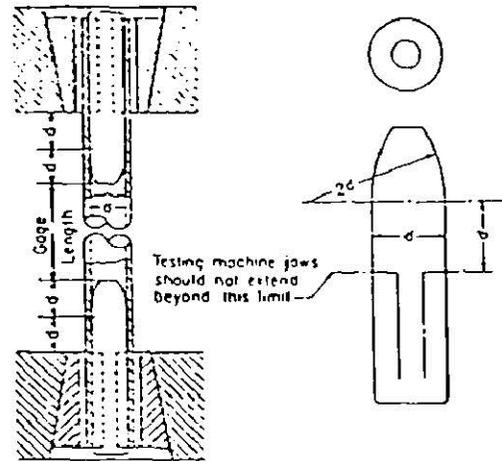
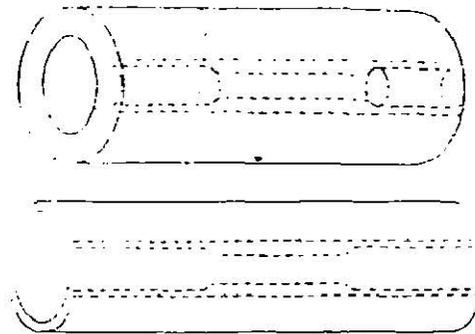


FIG. 10 Squeezing Jig for Flattening Ends of Full-Size Tension Test Specimens



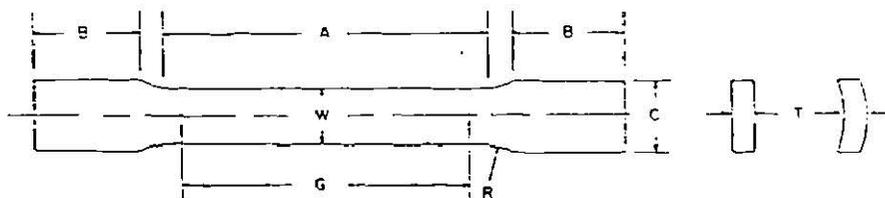
NOTE—The diameter of the plug shall have a slight taper from the line limiting the testing machine jaws to the curved section.

FIG. 11 Metal Plugs for Testing Tubular Specimens, Proper Location of Plugs in Specimen and of Specimen in Heads of Testing Machine



NOTE—The edges of the blank for the specimen shall be cut parallel to each other.

FIG. 12 Location from Which Longitudinal Tension Test Specimens Are to Be Cut from Large-Diameter Tube



Dimensions, mm

Nominal Width	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
	12.5	40	40
G—Gage length	50.0 ± 0.1	50.0 ± 0.1	200.0 ± 0.2
W—Width (Note 1)	12.5 ± 0.2	40.0 ± 2.0	40.0 ± 2.0
T—Thickness	measured thickness of specimen		
R—Radius of fillet, min	12.5	25	25
A—Length of reduced section, min	60	60	230
E—Length of grip section, min (Note 2)	75	75	75
C—Width of grip section, approximate (Note 3)	20	50	50

NOTE 1—The ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.1 mm for specimens 1, 2, and 3. There may be a gradual taper in width from the ends to the center, but the width at each end shall be not more than 1% greater than the width at the center.

NOTE 2—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 3—The ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 1.0 mm for specimen 1 and 2.5 mm for specimens 2 and 3.

NOTE 4—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing and where prohibited by product specification, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2W from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. If the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 13 Tension Test Specimens for Large-Diameter Tubular Products

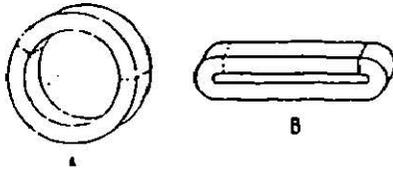
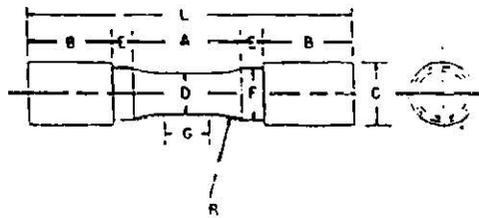


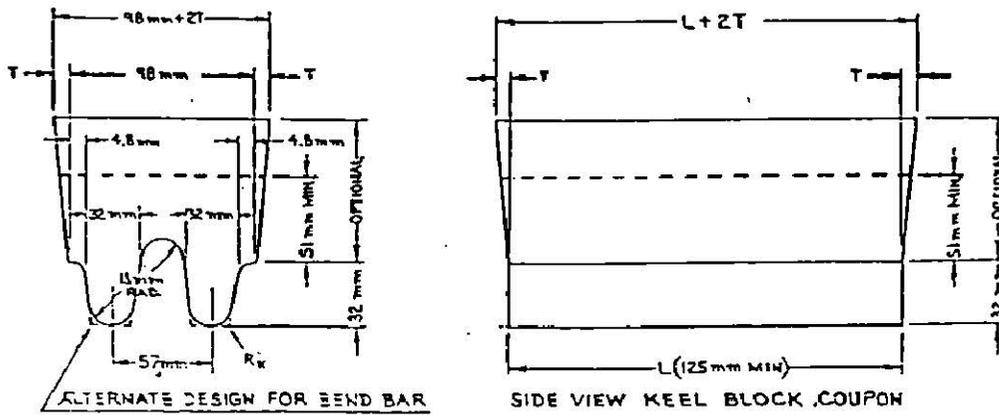
FIG. 14 Location of Transverse Tension Test Specimen in Ring Cut from Tubular Products



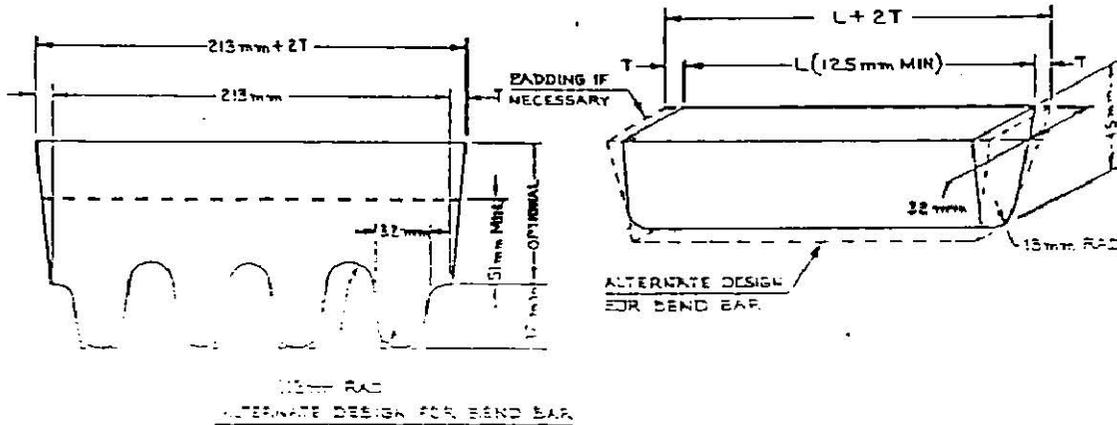
Nominal Diameter	Dimensions, mm		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
	12.5	20	30
G—Length of parallel	Shall be equal to or greater than diameter D		
D—Diameter	12.5 ± 0.2	20.0 ± 0.4	30.0 ± 0.6
R—Radius of fillet, min	25	25	50
A—Length of reduced section, min	32	38	60
L—Overall length, min	95	100	160
B—Length of end section, approximate	25	25	45
C—Diameter of end section, approximate	20	30	48
E—Length of shoulder, min	6	6	8
F—Diameter of shoulder	16.0 ± 0.4	24.0 ± 0.4	36.5 ± 0.4

NOTE—The reduced section and shoulders (dimensions A, D, E, F, G, and R) shall be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial. Commonly the ends are threaded and have the dimensions B and C given above.

FIG. 15 Standard Tension Test Specimen for Cast Iron



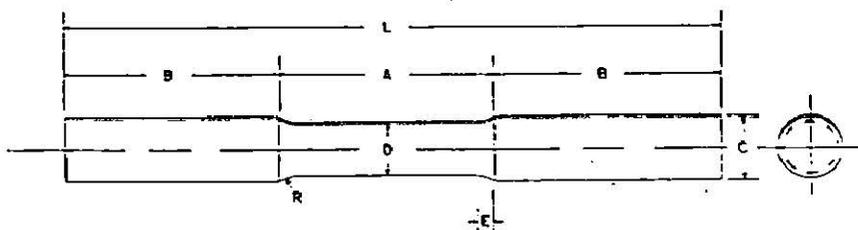
(a) Design for Double Keel Block Coupon



(b) Design for Multiple Keel Block Coupon (4 Legs)

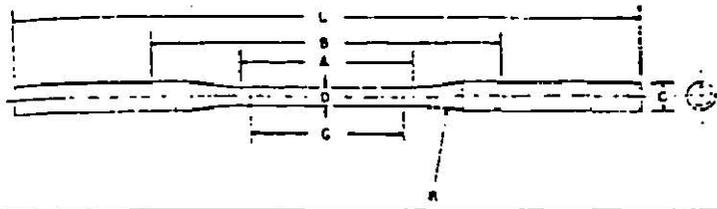
(c) Design for "Attached" Coupon

FIG. 16 Test Coupons for Castings (see Table 1 for Details of Design)



Dimensions, mm	
D—Diameter	16
R—Radius of fillet	8
A—Length of reduced section	64
L—Overall length	190
B—Length of end section	64
C—Diameter of end section	20
E—Length of fillet	5

FIG. 17 Standard Tension Test Specimen for Malleable Iron

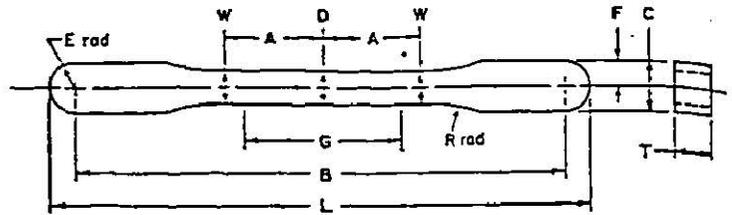


Dimensions, mm

G—Gage length	50.0 ± 0.1
D—Diameter (see Note)	6.4 ± 0.1
R—Radius of fillet, min	75
A—Length of reduced section, min	60
L—Overall length, min	230
B—Distance between grips, min	115
C—Diameter of end section, approximate	10

NOTE—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 0.1 mm larger in diameter than the center.

FIG. 18 Standard Tension Test Specimen for Die Castings



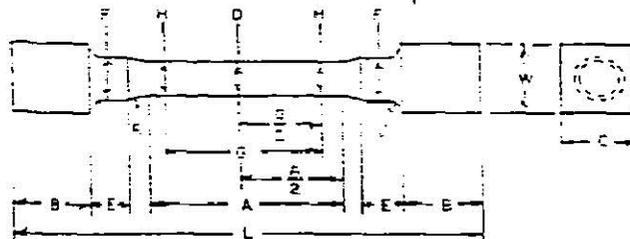
Pressing Area = 645 mm<sup>2</sup>

NOTE—Dimensions specified, except G and T, are those of the die.

Dimensions, mm

G—Gage length	25.40 ± 0.8
D—Width at center	5.72 ± 0.03
W—Width at end of reduced section	5.97 ± 0.03
T—Compact to this thickness	3.56 to 6.35
R—Radius of fillet	25.4
A—Half-length of reduced section	15.88
B—Grip length	80.95 ± 0.03
L—Overall length	89.64 ± 0.03
C—Width of grip section	8.71 ± 0.03
F—Half-width of grip section	4.34 ± 0.03
E—End radius	4.34 ± 0.03

FIG. 19 Standard Flat Unmachined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (P/M) Products



Approximate Pressing Area of Unmachined Compact = 752 mm<sup>2</sup>  
Machining Recommendations

1. Rough machine reduced section to 6.35 mm diameter
2. Finish turn 4.75/4.85 mm diameter with radii and taper
3. Polish with 00 emery cloth
4. Lap with crocus cloth

Dimensions, mm

G—Gage length	25.40 ± 0.8
D—Diameter at center of reduced section	4.75 ± 0.03
H—Diameter at ends of gage length	4.85 ± 0.03
R—Radius of fillet	6.35 ± 0.13
A—Length of reduced section	47.63 ± 0.13
L—Overall length (die cavity length)	75, nominal
B—Length of end section	7.88 ± 0.13
C—Compact to this end thickness	10.03 ± 0.13
W—Die cavity width	10.03 ± 0.08
E—Length of shoulder	6.35 ± 0.13
F—Diameter of shoulder	7.88 ± 0.03
J—End fillet radius	1.27 ± 0.13

NOTE 1—The gage length and fillets of the specimen shall be as shown. The ends as shown are designed to provide a practical minimum pressing area. Other end designs are acceptable, and in some cases are required for high-strength sintered materials.

NOTE 2—It is recommended that the test specimen be gripped with a split collet and supported under the shoulders. The radius of the collet support circular edge is to be not less than the end fillet radius of the test specimen.

NOTE 3—Diameters D and H are to be concentric within 0.03 mm total indicator runout (T.I.R.), and free of scratches and tool marks.

FIG. 20 Standard Round Machined Tension Test Specimen for Powder Metallurgy (P/M) Products

