

Antes de comenzar nuestra sesión ...



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



Ubícate en un
lugar cómodo

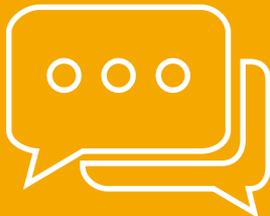


Prepárate un café
o tu bebida favorita



Alista lápiz y papel
para tomar nota

Durante la sesión ...



Interactuar con los docentes y
demás participantes del curso
a través del chat



Q&A

Dejar tus preguntas haciendo
clic en el botón Q&A (Preguntas y
Respuestas).



No grabar la sesión.
Recuerda que no está
permitido

Programa de Formación: “Fortalecimiento de las capacidades técnicas de los transformadores de residuos de PET”



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



Ministerio de
**Comercio, Industria
y Turismo**





INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



**Entendamos una ficha técnica de
materias primas: Para qué sirve
y cómo se usa.**



2023-07-19

Ponente:

Esp. Juan Carlos Gallego Ortiz



- Ingeniero en Instrumentación y Control del Politécnico Colombiano “Jaime Isaza Cadavid”
- Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho EAFIT - ICIPC
- Líder e implementación de los sistemas de gestión del ICIPC, para las normas ISO 9001-2015 e ISO/IEC 17025-2017.
- Experiencia en SGC, montaje y desarrollo de métodos de ensayos mecánicos para caracterización de materiales poliméricos.
- En el ICIPC apoya diferentes actividades en consultorías, ejercicios de Laboratorio y aseguramiento metrológico del ICIPC.
- Líder del sistema de de Calidad del ICIPC.
- Líder de los servicios de certificación LOOP-ICIPC.
- Vinculado al ICIPC desde 1997.




ICIPC®
INSTITUTO DE CAPACITACION
E INVESTIGACION DEL
PLASTICO Y DEL CAUCHO

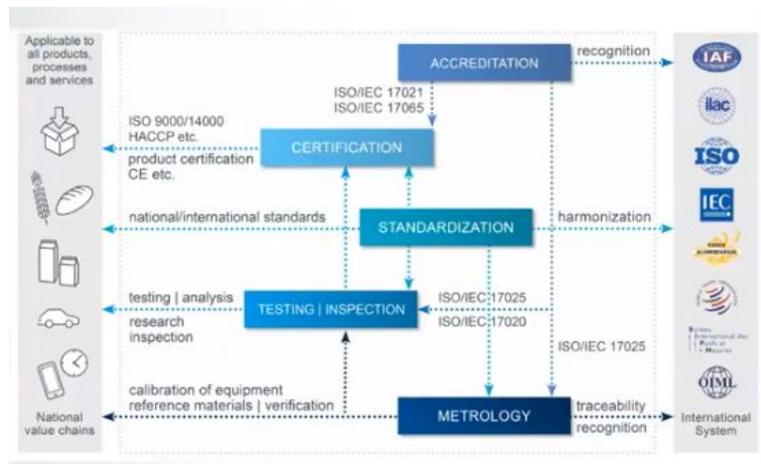
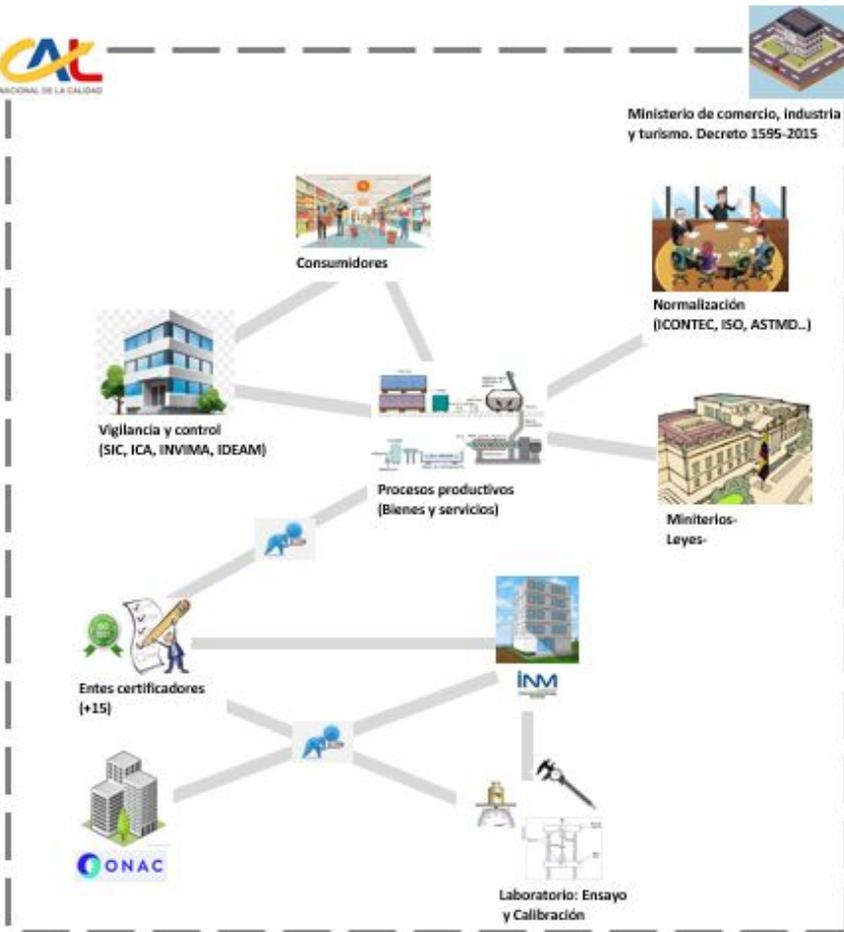
makrolon

- **Objetivos de la presentación**
- **Introducción al SICAL (Subsistema nacional de la calidad)**
- **Revisión de la información presente en una ficha técnica**
- **Diferentes ejemplos de reportes de resultado en una ficha técnica**
- **Técnicas, principios de medición, conceptos en la entrega de un resultado**

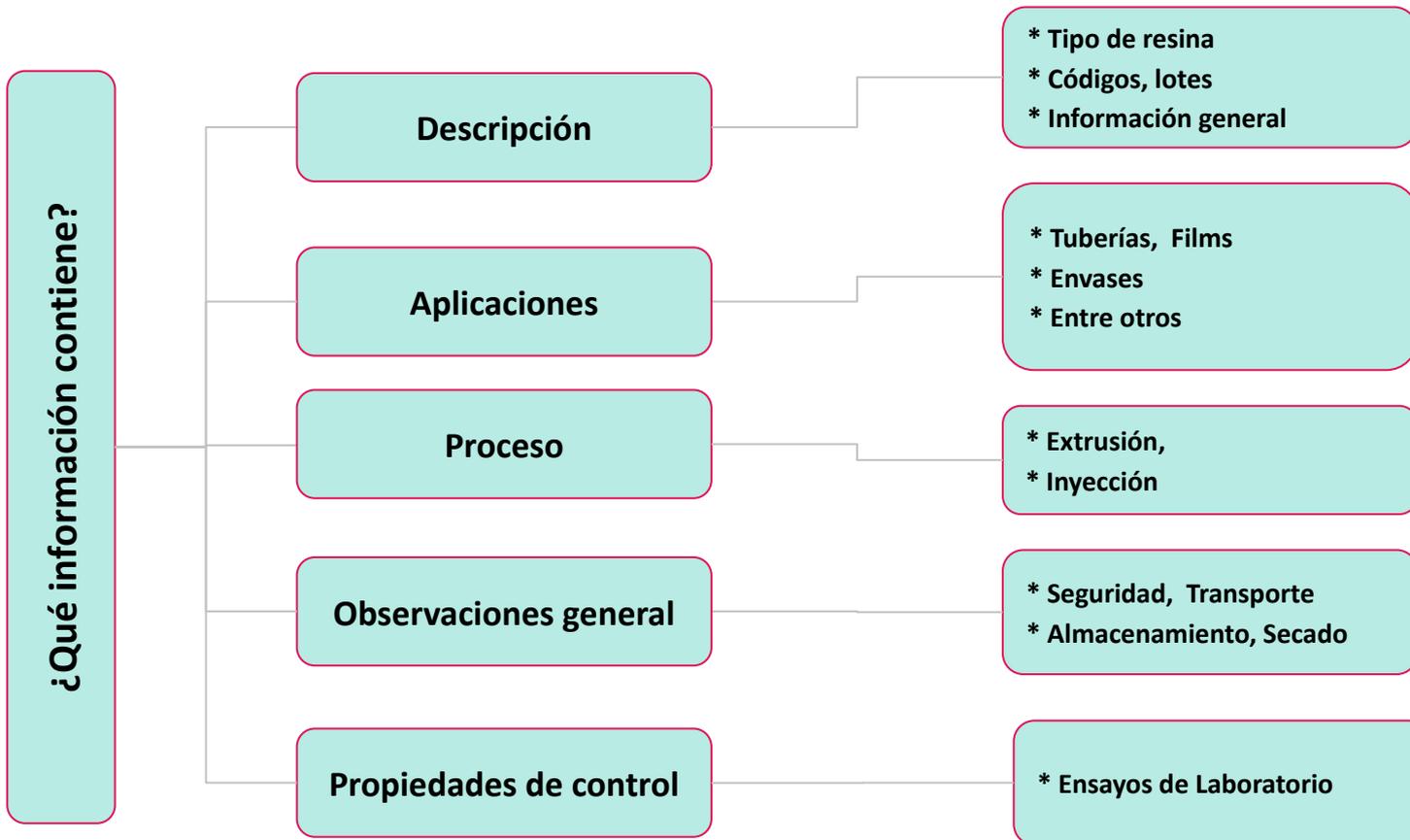
1. Entender la información presente en una ficha técnica de materias primas

2. Conocer el equipamiento empleado para el reporte de resultados

3. Comprender los conceptos generales empleados en la medición de cada una de las técnicas



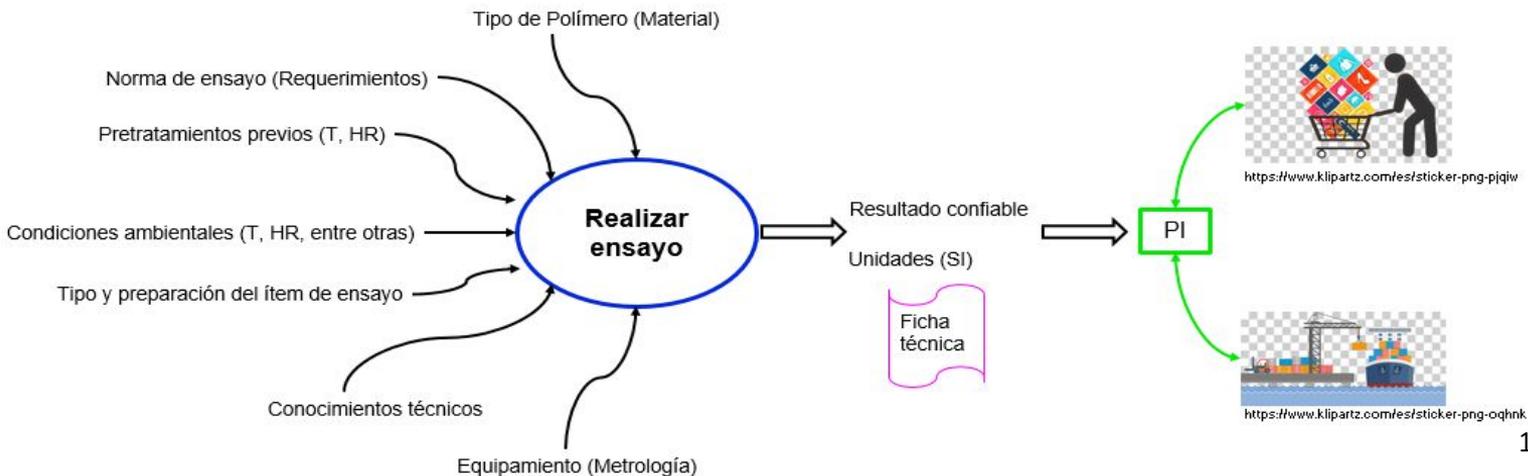
Ficha técnica de una materia prima



Por qué realizamos ensayos?

- Control de calidad de la materia prima
- Comparación entre lotes
- Homologación de materia prima
- Litigios, reclamaciones, entre otros

Qué factores son importantes en la medición?



RHEOLOGICAL PROPERTIES

	VALUE	UNIT
Melt volume-flow rate	8	cm ³ /10min
Melt mass-flow rate	8.5	g/10min
Temperature	220	°C
Load	2.16	kg
Melt mass-flow rate, Temperature	220	°C
Melt mass-flow rate, Load	2.16	kg
Moulding shrinkage, parallel	1.0	%
Moulding shrinkage, normal	0.9	%

Lab ICIPC +100

ISO + 19000

(International Organization for Standardization)

ASTMD +1300

(American Society for Testing and Materials)

MECHANICAL PROPERTIES

	VALUE	UNIT
Tensile Modulus	45	MPa
Stress at 10% strain	3.2	MPa
Stress at 50% strain	6.7	MPa
Stress at break	29	MPa
Nominal strain at break	800	%
Strain at break	>300	%
Flexural Modulus	45	MPa
Charpy impact strength, 23°C	N	kJ/m ²
Charpy impact strength, +30°C	N	kJ/m ²
Charpy notched impact strength, 23°C	N	kJ/m ²
Charpy notched impact strength, +30°C	N	kJ/m ²
Charpy notched impact strength, -40°C	N	kJ/m ²
Izod notched impact strength, 23°C	N	kJ/m ²
Izod notched impact strength, -40°C	N	kJ/m ²
Brittleness temperature	-96	°C
Shore D hardness, 15s	33	-
Shore D hardness, max	37	-
Tear strength, parallel	100	kN/m
Tear strength, normal	100	kN/m

Curva σ vs ϵ



Reciclaje de PET

Recolección



Separación



Lavado, molido y secado



Hojuela (flake)



Extrusión

Pelletizado PET



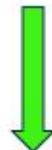
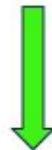
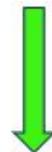
Lámina PET para termoformado



Producto terminado (Fleje / zuncho)



+ IV



- IV



Triángulo equilátero

Número de identificación de la resina

Término abreviado para el material polimérico

NTC3205-2021 Codificación de productos fabricados en material plástico.

La VI del PET post-consumo o post-industrial disminuirá en las diferentes etapas del proceso:

- Temperaturas
- Fricción
- Hidrólisis
- Múltiples ciclos de procesamiento
- Entre otros



<https://www.mundodeportivo.com/uncomo/educacion/articulo/como-contestar-preguntas-dificiles-de-for-ma-inteligente-38421.html>

Ejemplo 1		
Propiedades	Método ASTM	Valor
Índice de Fluidez (190/2.16)	D-1238	0,70 g/10min

Ejemplo 2		
Propiedades	Método ASTM	Unidades SI
Flujo de Masa (fundida, 190°C - 2,16 Kg)	D-1238 B	0,8 g/10min
Flujo de Masa (fundida, 190°C - 21,6 Kg)	D-1238 B	25 g/10min

Ejemplo 3		
Propiedades	Value	Unit
Melt volume-flow rate	8,0	cm ³ /10min
Melt mass-flow rate	8,5	g/10min
Temperature	220	°C
Load	2,16	kg

$f_{(MFI)}$ → Temperatura (°C)
Carga (kg)

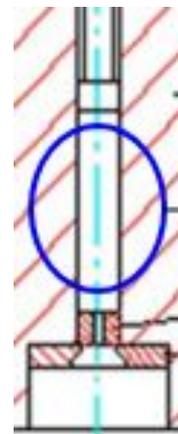
Índice de fluidez

Normas: ASTM D1238

Material	Condition
Polyethylene	190/2.16
Polyethylene	190/2.16
Polyethylene	190/2.16
Polypropylene	230/2.16
Polypropylene	230/2.16
Polypropylene	230/2.16
Polystyrene	200/5
Polystyrene	200/5
Polystyrene	200/5
Polycarbonate	300/1.2
Polycarbonate	300/1.2
Polycarbonate	300/1.2
Acrylic	230/3.8



Procedimiento	Determinar	Unidad	Principio	Uso
A	MFR - melt flow rate	g/10 min	Es basado en la medición de la masa del material que fluye a través del dado (capilar) en un periodo de tiempo determinado.	Materiales termoplásticos. Generalmente usado en material que tiene un MFR entre 0,15 a 50 g/10 min
B	MFR - melt flow rate	g/10 min	Medición de forma automática para determinar el MFR (g/10 min). La medición se basa en determinar el MVR - melt volume rate (cm ³ /10 min) del material en un periodo de tiempo determinado. El volumen es convertido a masa medida multiplicando por la densidad de fundido del material.	Es generalmente usado en material que tiene un MFR entre 0,50 a 1500 g/10 min. $MFR = \rho_{Tm} * MVR = g/10 \text{ min}$ $\rho_{Tm} = 0.7636 \text{ g/cm}^3$ para Polietileno $\rho_{Tm} = 0.7386 \text{ g/cm}^3$ para Polipropileno
C	MFR - melt flow rate	g/10 min	Medición de forma automática para determinar el MFR (g/10 min) de Poliolefinas (PE, PP). Es generalmente usado como alternativa al procedimiento B.	Es generalmente usado en material que tiene un MFR mayores a 75 g/10 min
D	FRR - Flow Rate Ratio	g/10 min	Es un ensayo de medición con múltiples pesos y comúnmente referenciado como FRR - Flow Rate Ratio. El ensayo esta diseñado para realizar determinaciones del MFR utilizando dos o tres cargas diferentes (Variando el peso).	



Índice de fluidez

Normas: ASTM D1238, ISO 1133, NTC 3576

FRR (flow rate ratio)

Unidades: [=] g/10 min

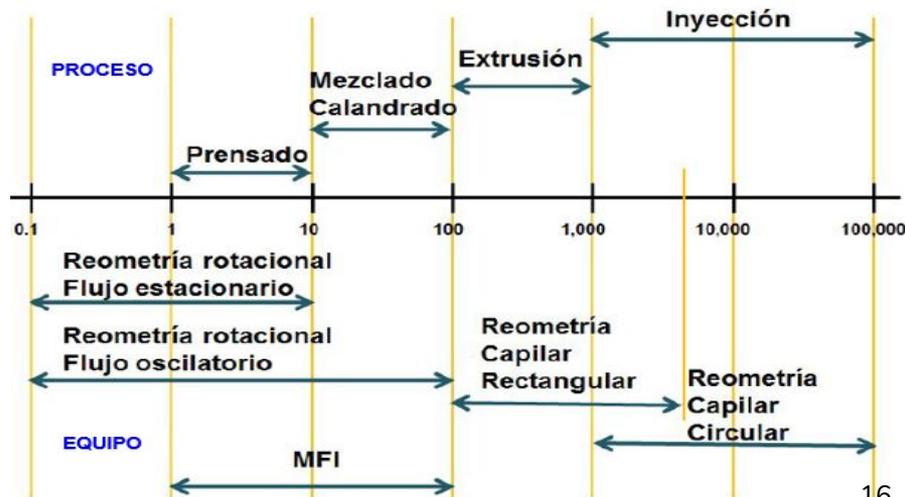
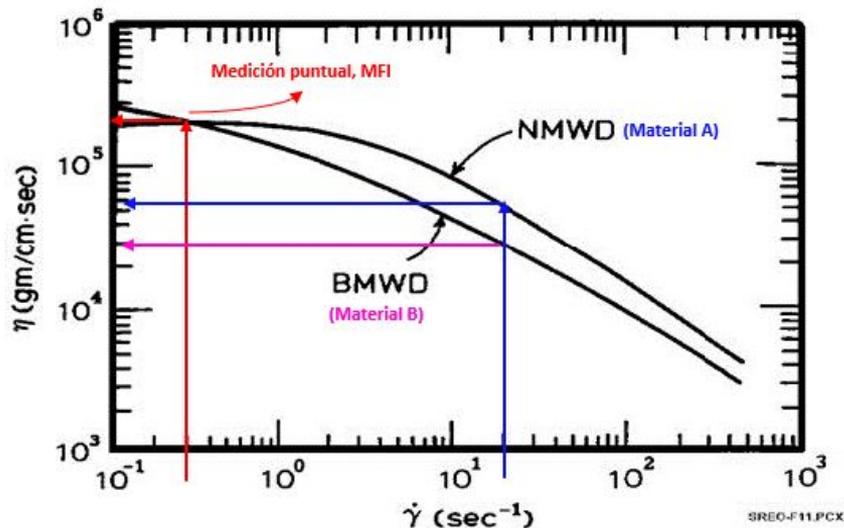
MFI \Rightarrow f(°C, kg)

Material	MFI (g/ 10 min)		MWD
	190°C / 2,16 kg	190°C / 21,6 kg	
Material A	8	186	23
Material B	4	60	15

MFI \uparrow \Rightarrow Viscosidad \downarrow

MFI \uparrow \Rightarrow MW \downarrow

MFI_{21,6kg}/MFI_{2,16kg} \downarrow \Rightarrow MWD más estrecha



IV (dl/g) (Valores aproximados)	Producto	Masa molar (Valores aproximados)
0,90 - 1,05	C-PET Bandejas, hilos y filamentos técnicos	100 000
0,78 - 0,85	Grado botella de PET	62 000
0,70	Grado botella de PET (Reciclada)	47 000
0,63 - 0,73	Lámina termoformada	43 000
0,5 - 0,6	Masterbatches base PET, fibras cortas (relleno)	29 000 - 36 000
0,4	Productos con altas cargas o alto contenido de material dispersivo	20 000

Con el incremento peso molecular (MW)

Melt viscosity &
Melt strength increases (extrusion)

Strenght & tenacity increases (cPET,
technical filament)



Resistencia a la tensión

Ejemplo de reportes

Ejemplo 1		
Propiedades	Value	Unit
Tensile Modulus	45	MPa
Stress at 10% strain	32	MPa
Stress at 50% strain	6,7	MPa
Stress at break	29	MPa
Strain at break	> 300	%



<https://www.vidanuevadigital.com/wp-content/uploads/2020/08/preguntas-respuestas.png>

$f_{(Tensión)}$ → Condiciones ambientales (°C, %HR)
 Velocidad (mm/min)
 Preparación del ítem de ensayo

Ejemplo 2		
Propiedades	Método	Valor / Unidades
Esfuerzo a la cedencia (a)	ASTM D 638	25 MPa
Deformación a la cedencia (a)	ASTM D 638	10 %
Esfuerzo a la ruptura (a)	ASTM D 638	40 MPa
Deformación a la ruptura (a)	ASTM D 638	1500 %
Cuerpos de prueba son moldeados por compresión de acuerdo a Norma ASTM D4703. Cuerpo de prueba con espesor de: (a) 2 mm		

Ejemplo 3		
Propiedades	Método	Unidades SI
Resistencia máxima a la tracción (50 mm/min)	D-638	35,2 Mpa
Elongación al punto de cedencia (50 mm/min)	D-638	8,0 %

Resistencia a la tensión

Definición de:

Esfuerzo

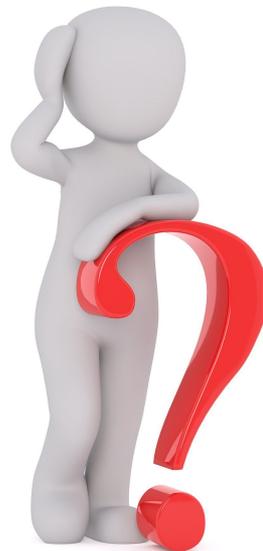
Deformación

Resistencia máxima

Deformación cedencia

Tenacidad

Rigidez



Fuerza , esfuerzo y deformación

F: Fuerza [N, kg-f, lb-f]

A: Area [mm², in²]

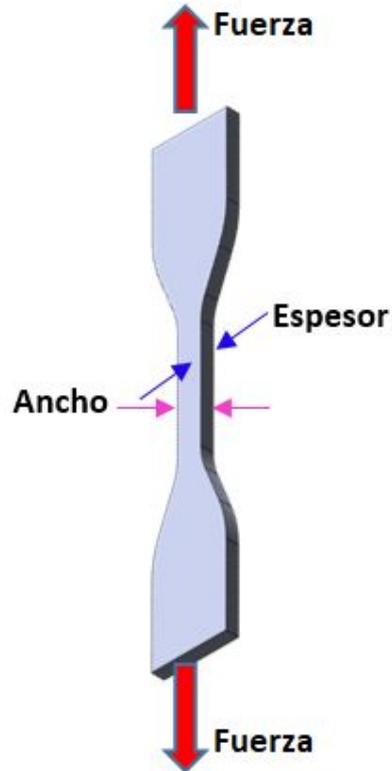
σ : Esfuerzo = F/A

ϵ : Deformación [%]

L_0 = Longitud inicial (mm)

L_f = Longitud final (mm)

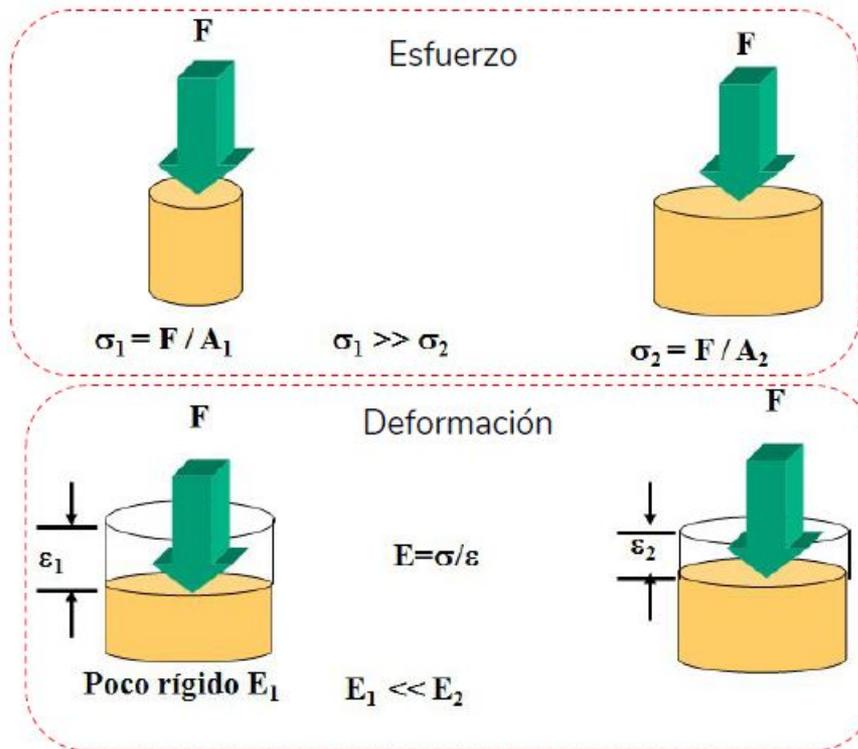
$\epsilon = \Delta L / L_0$



Módulo de rigidez

F: Fuerza [N, kg, lb]
 A: Area [mm², in²]
 σ : Esfuerzo = F/A
 ε : Deformación [%]
 E: Modulo de Rigidez

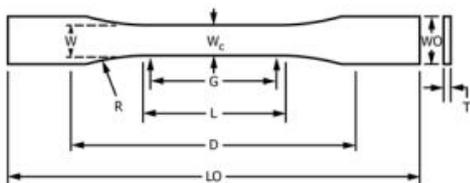
$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$



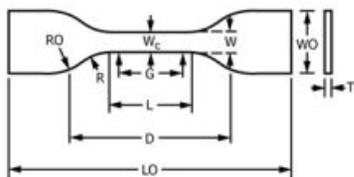
Esfuerzo σ : Dos cilindros de diferente diámetro sobre los cuales se ejerce la misma fuerza F. El más pequeño estará sometido a un esfuerzo mayor.

Deformación ε : Dos cilindros de diferentes materiales (diferentes módulos de rigidez) sobre los cuales se ejerce la misma fuerza F. El menos rígido se deformará más.

ASTM D638



TYPES I, II, III & V



TYPE IV

Classification ^a	Specimen Type	Speed of Testing, mm/min (in./min)	Nominal Strain ^c Rate at Start of Test, mm/mm·min (in./in.·min)
Rigid and Semirigid	I, II, III rods and tubes	5 (0.2) ± 25 %	0.1
		50 (2) ± 10 %	1
	IV	500 (20) ± 10 %	10
		5 (0.2) ± 25 %	0.15
		50 (2) ± 10 %	1.5
Nonrigid	V	500 (20) ± 10 %	15
		1 (0.05) ± 25 %	0.1
	III	10 (0.5) ± 25 %	1
		100 (5) ± 25 %	10
		50 (2) ± 10 %	1
IV	500 (20) ± 10 %	10	
	50 (2) ± 10 %	1.5	

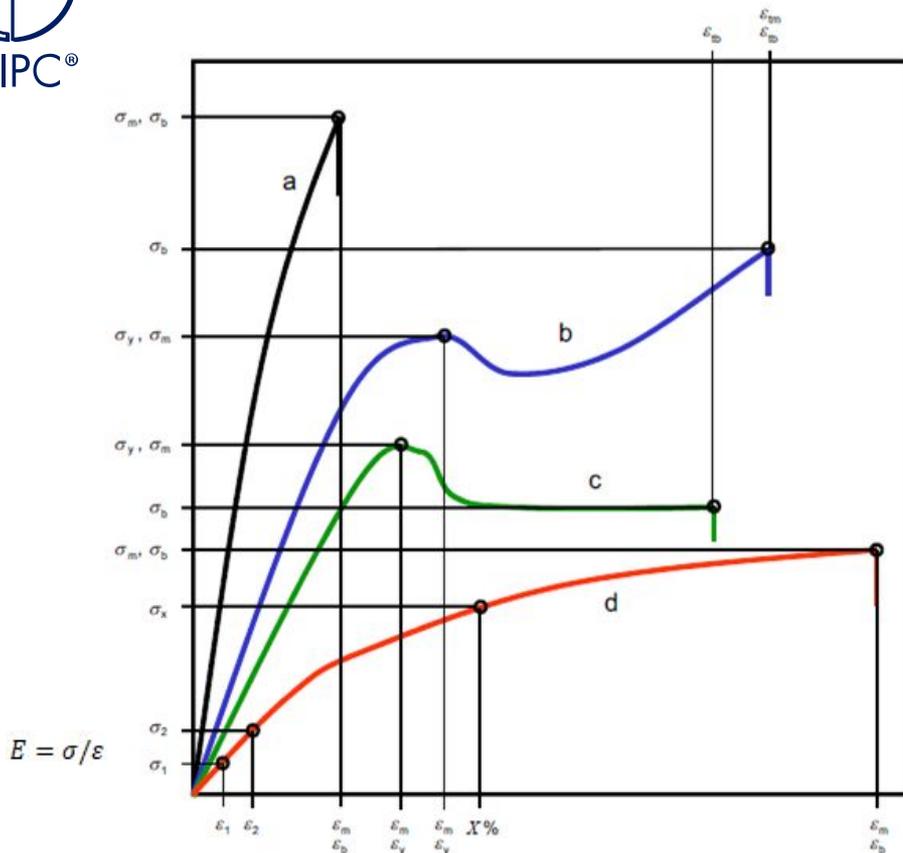
Specimen Dimensions for Thickness, T, mm (in.)^a

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^a	Type V ^{c,d}		
W—Width of narrow section ^{e,f}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)		±0.5 (±0.02) ^{b,c}
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)		±0.5 (±0.02) ^c
WO—Width overall, min ^g	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...		+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min ^g	...	...	...	...	9.53 (0.375)		+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min ^h	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)		no max (no max)
G—Gage length ⁱ	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)		±0.25 (±0.010) ^c
G—Gage length ⁱ	...	...	...	25 (1.00)	...		±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^j	25.4 (1.0)		±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)		±1 (±0.04) ^c
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...		±1 (±0.04)

ISO 527

Test speed v mm/min	Tolerance %
0.125	±20
0.25	
0.5	
1	
2	
5	±10
10	
20	
50	
100	
200	
300	
500	

Resistencia a la tensión



Normas: ASTM D638, ISO 527, NTC 595

σ Esfuerzo - Fuerza por unidad de área nominal (sección transversal), Mpa

ϵ Deformación - Incremento en longitud por unidad de la longitud inicial, %

σ_y Esfuerzo en el punto de cedencia (Incremento en ϵ sin incremento σ)

σ_m / ϵ_m Esfuerzo / Deformación: Primer punto máximo observado de σ

σ_x Esfuerzo en un punto especificado X de deformación

σ_b / ϵ_b Esfuerzo / Deformación: En el cual el espécimen rompe (fractura)

Curva

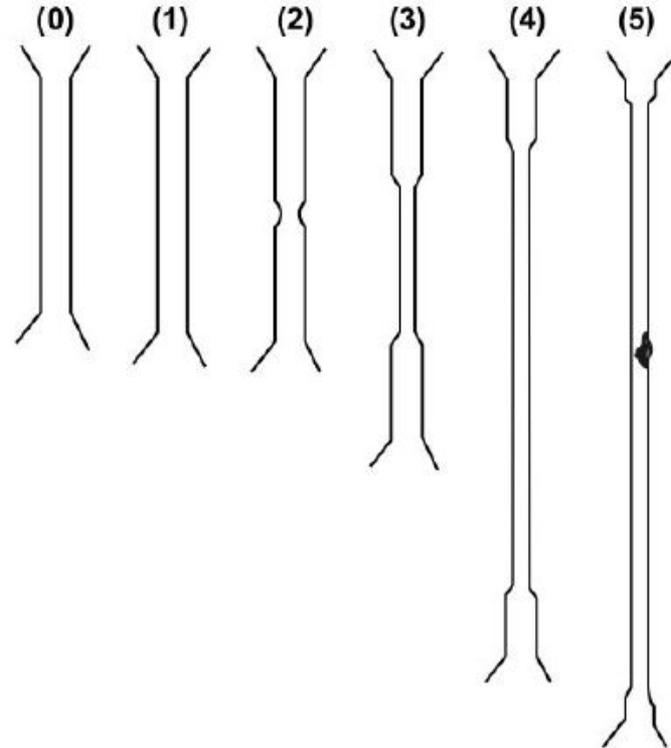
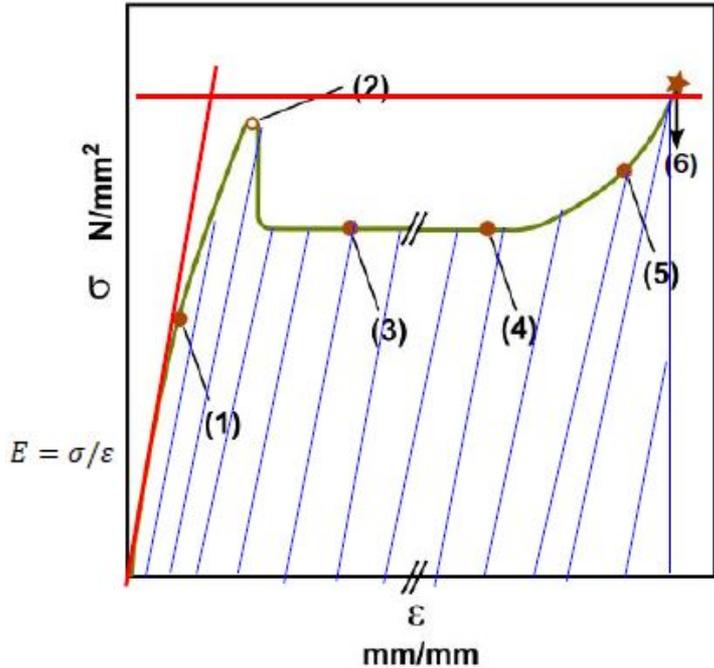
a Material rígido-Fuerte-Frágil

b, c Material rígido-Fuerte-Tenáz

d Material blando-débil



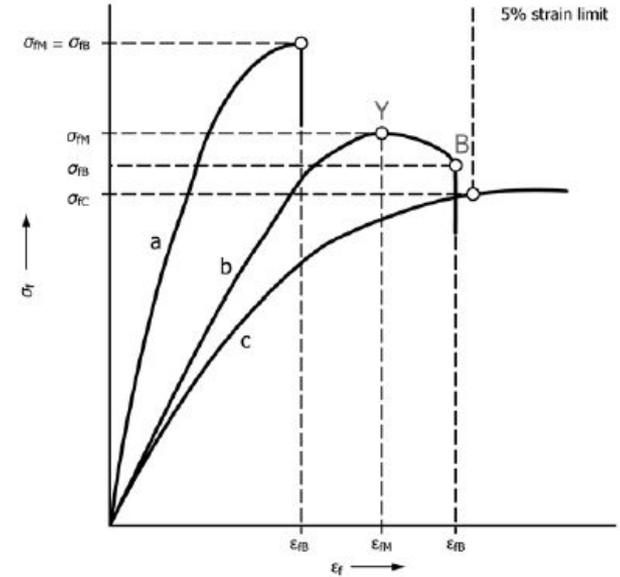
Resistencia a la tensión



- (1) Punto en la región elástica
- (2) **Punto de cedencia (yield)**
- (3) Punto en la región plástica (**ductil**)
- (4) Punto en la región plástica
- (5) Punto de inicio de rotura
- (6) **Punto de rotura (break)**

Ejemplo 2		
Propiedades	Método	Valor / Unidades
Resistencia máxima a la flexión	D-790	28 Mpa
Deformación en la deflexión máxima	D-790	2 %
Modulo de flexión (Secante 1%) (b)	D 790	1090 MPa
Cuerpos de prueba son moldeados por compresión de acuerdo a Norma ASTM D4703. Cuerpo de prueba con espesor de: (b) 3 mm		

f (Flexión) → Condiciones ambientales (°C, % HR)
 Velocidad (mm/min)
 Espesor especimen (mm)

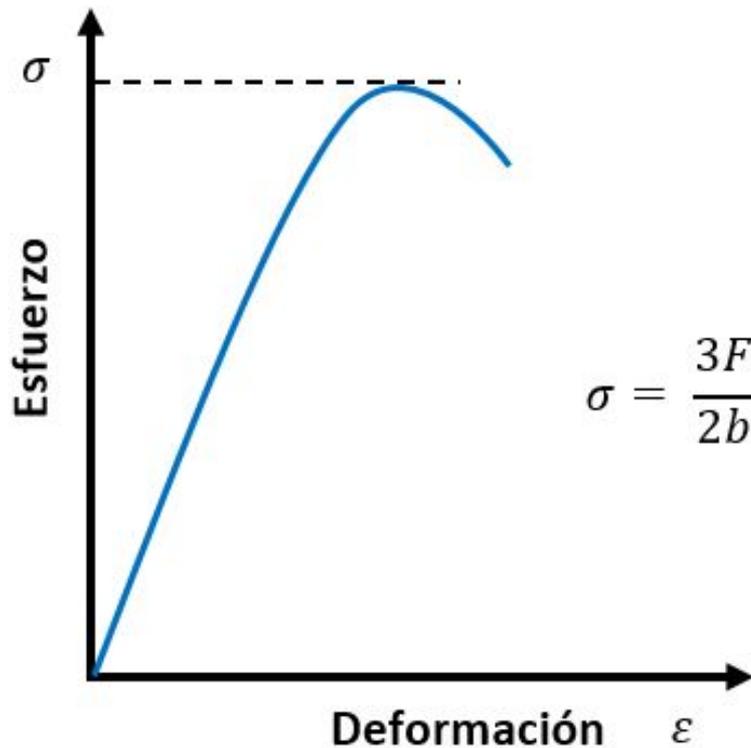


NOTE: 1—Curve a: Specimen that breaks before yielding.
 Curve b: Specimen that yields and then breaks before the 5 % strain limit.
 Curve c: Specimen that neither yields nor breaks before the 5 % strain limit.

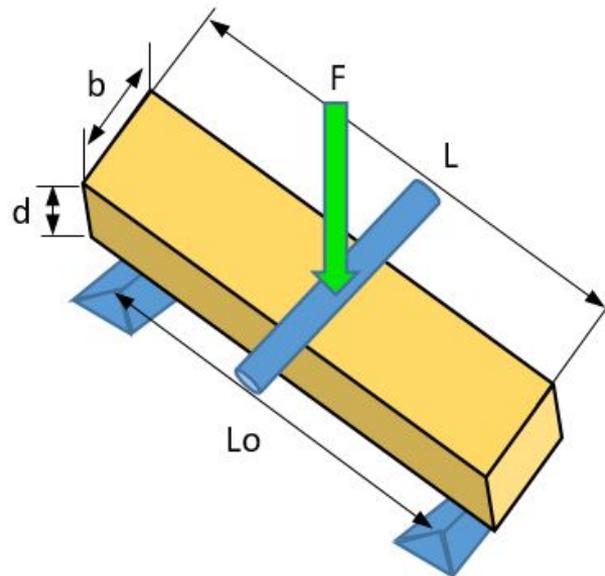
FIG. 1 Typical Curves of Flexural Stress (σ_f) Versus Flexural Strain (ϵ_f)

Resistencia a la flexión

Curva esfuerzo vs deformación



$$\sigma = \frac{3FLo}{2bd^2}$$



Izod and Charpy

Ejemplo 1		
Propiedades	Método	Valor - Unidades
Resistencia al impacto Izod (b)	ASTM D 256	NB - J/m
Cuerpos de prueba son moldeados por compresión de acuerdo a Norma ASTM D4703. Cuerpo de prueba con espesor de: (a) 2 mm		

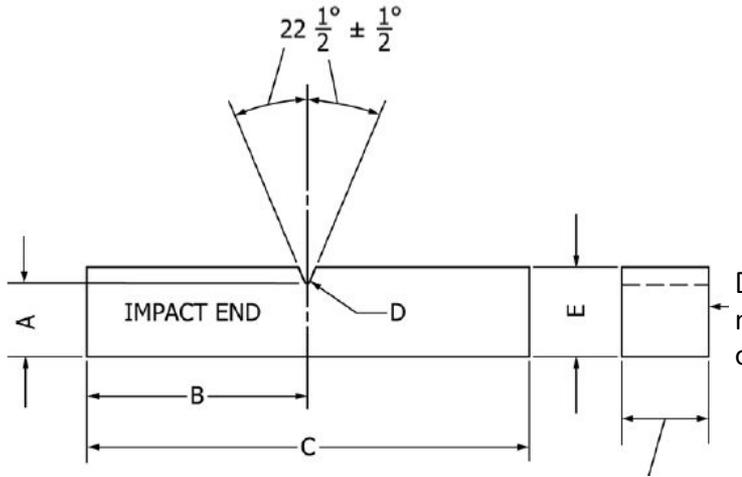
$f_{(Impacto)}$ → Temperatura (°C)
 Humedad (kg)
 Preparación de la muestra
 Configuración del equipo

Ejemplo 2		
Propiedades	Método ASTM	Valor - Unidades
Notched impact strength	ISO 179	50 kJ/ m ²

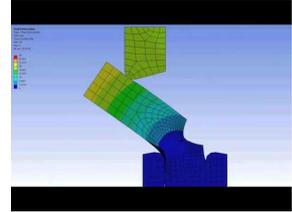
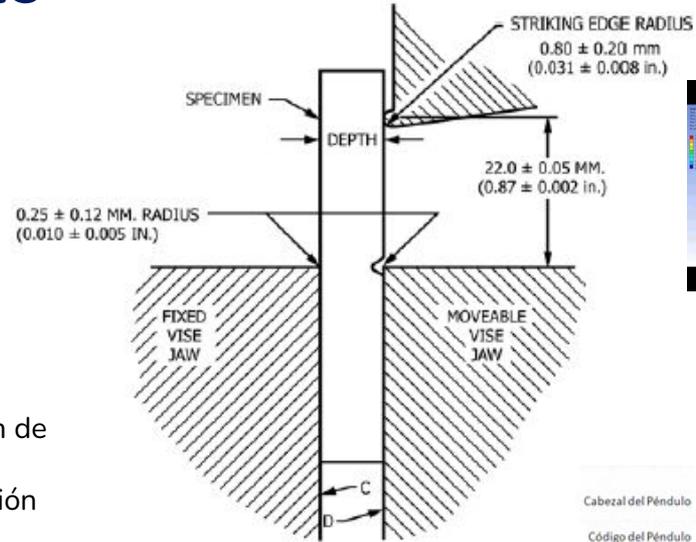
Ejemplo 3		
Propiedades	Value	Unit
Charpy impact strenght, 23°C	90,0	kJ/ m ²
Charpy notched impact strenght, 23°C	66,0	kJ/ m ²
Charpy notched impact strenght, -30°C	19,8	kJ/ m ²

Resistencia al impacto

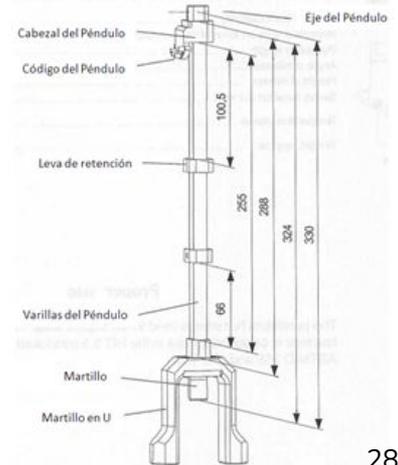
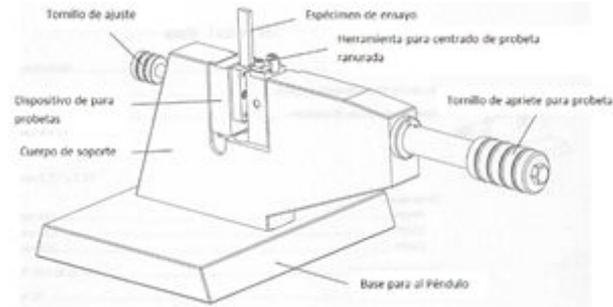
Izod ASTM D 256 e ISO 180



	mm
A	10.16 \pm 0.05
B	31.8 \pm 1.0
C	63.5 \pm 2.0
D	0.25R \pm 0.05
E	12.70 \pm 0.20

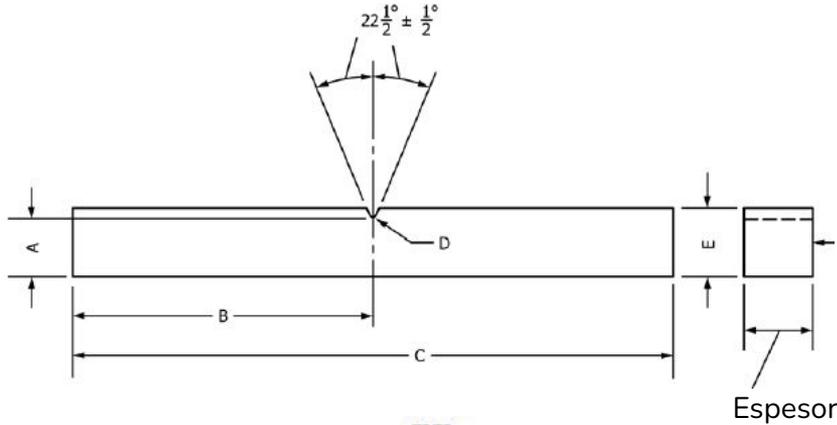


[ASTM D256 Plastics Notched Izod Impact Test - YouTube](#)

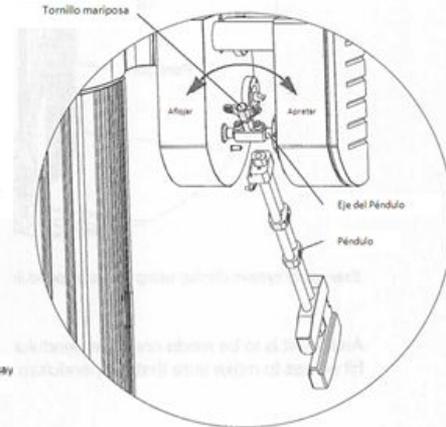
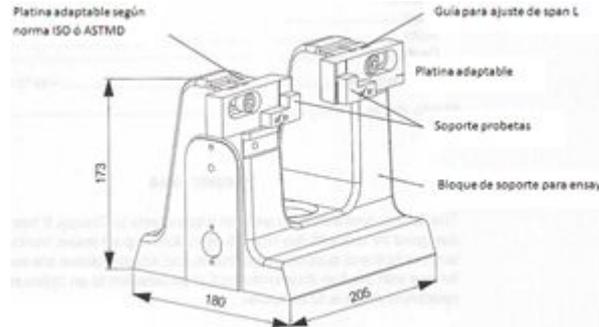
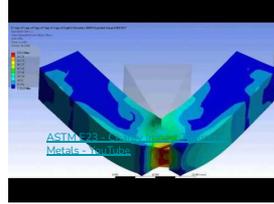
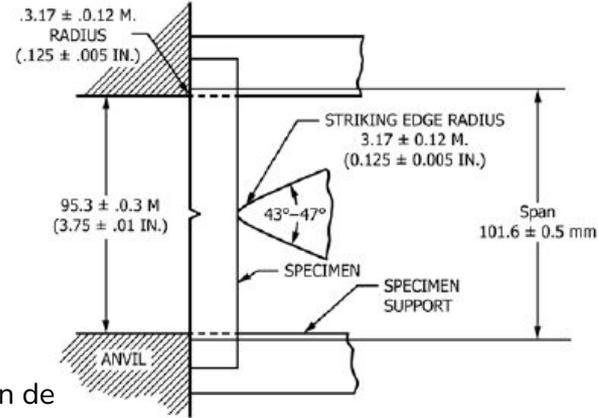


Resistencia al impacto

Charpy ASTM D 6110 e ISO 179

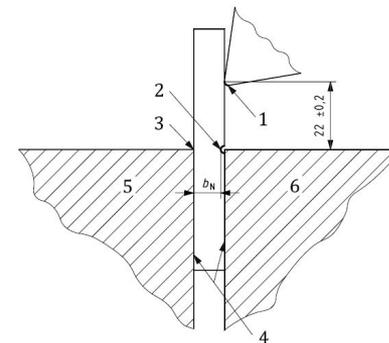


	mm
A	10.16 ± 0.05
B	63.5 max
	61.0 min
C	127.0 max
	124.5 min
D	$0.25R \pm 0.05$
E	12.70 ± 0.15



Cuatro tipo de fallas para designar en el reporte

Tipo de falla	Designación
C	Fractura completa: Una fractura donde el espécimen se separa en dos o más piezas
H	Fractura tipo bisagra: Una fractura incompleta, donde una parte del espécimen de ensayo no puede soportarse por si misma sobre la horizontal cuando la otra parte se sostiene verticalmente, lo que significa un ángulo menor de 90 °
P	Fractura parcial: Una fractura incompleta donde no se encuentra una definición para la fractura tipo bisagra
NB	No fractura: El espécimen evaluado no presenta una fractura a simple vista, solo se observa un distorsión en esta



Sin ranura

$$a_{iU} = \frac{W_c}{h \times b} \times 10^3$$

W_c Energía corregida, en J, absorbida por el espécimen de ensayo

b_N Es la profundidad bajo la ranura, mm

h Espesor del espécimen de ensayo, mm

b Ancho del espécimen de ensayo, mm

Con ranura

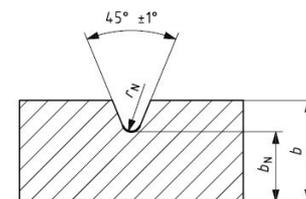
$$a_{iN} = \frac{W_c}{h \times b_N} \times 10^3$$

Ensayo impacto Izod

Especimen de ensayo

Typo de ranura (muesca)

ISO 180/1 A



a) Type A

Radius r_N of notch base = 0,25 mm ± 0,05 mm

Key

b specimen width (10 mm ± 0,2 mm)

b_N remaining width at notch base (8 mm ± 0,2 mm)

1. Saber qué tipo de norma de ensayo se está empleando en el reporte de resultados, entender sus conceptos
2. La preparación del espécimen de ensayo y las condiciones ambientales juegan un papel importante a la hora de un resultado
3. La parte metrológica y la competencia técnica de un laboratorio dará la confiabilidad y veracidad de un resultado



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



¡Gracias!

Carrera 49 #5 Sur 190. Bloque 37
+574 3116478
Medellín, Colombia
icipc@icipc.org - <https://icipc.org>

