

ENSAYO DE DUREZA

- PÁGINA INTERESANTE DE MATERIALES
- <http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad3/index.html>
- <http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad2/index.html>

- **LA DUREZA** SE DEFINE COMO LA RESISTENCIA DE UN MATERIAL A LA PENETRACIÓN O LA FORMACIÓN DE HUELLAS O IDENTACIONES EN SU SUPERFICIE POR UN PENETRADOR MAS DURO QUE EL .



EQUIPO ANTIGUO

15/03/2012

ELABORÓ ING. EFRÉN GIRALDO T.



EQUIPO MODERNO



- Exhibe los valores de la dureza para todos los métodos de prueba comunes de dureza

- los durómetros modernos están dotados de sistemas electrónicos encargados de producir la indentación y determinar el valor de dureza automáticamente. Estos sistemas proveen el valor de dureza en forma directa, sin necesidad de realizar mediciones ni utilizar tablas.
- La determinación automática de la dureza se puede hacer de dos maneras: a través de sensores electrónicos que miden directamente la profundidad de penetración h , o bien mediante la determinación de las dimensiones de la huella a través de un microscopio de 20X o 40X incorporado en el aparato.



- IDENTADORES

- CUANTO MAS PEQUEÑA SEA LA HUELLA OBTENIDA EN CONDICIONES NORMALIZADAS, MAS DURO SERÁ EL MATERIAL ENSAYADO.
- EL PENETRADOR EN UN ENSAYO DE DUREZA PUEDE SER UNA ESFERA, PIRÁMIDE O CONO HECHO DE UN MATERIAL MUCHO MAS DURO DEL QUE SE ENSAYA, COMO SON EL ACERO TEMPLADO, EL DIAMANTE O CARBURO DE TUNGSTENO SINTERIZADO.

- EN LA MAYORÍA DE LAS PRUEBAS ESTANDARIZADAS, LA CARGA SE APLICA AL OPRIMIR EN FORMA LENTA EL PENETRADOR PERPENDICULARMENTE A LA SUPERFICIE ENSAYADA, POR UN PERIODO DETERMINADO.
- DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE PUEDE CALCULAR UN VALOR EMPÍRICO DE DUREZA, CONOCIENDO LA CARGA APLICADA Y EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL O LA PROFUNDIDAD DE LA IMPRESIÓN

CONDICIONES DEL ENSAYO

- EL ENSAYO DE DUREZA NO SE DEBE REALIZAR **CERCA DEL BORDE** DE LA MUESTRA O CERCA DE **OTRA PENETRACIÓN** YA EXISTENTE. EN ESTE CASO, LA DISTANCIA MÍNIMA PARA EFECTUAR UNA PENETRACIÓN ES **DE TRES VECES EL DIÁMETRO DE LA PENETRACIÓN** ANTERIOR.
- LA DISTANCIA DE LOS CENTROS DE DOS IMPRESIONES ASÍ COMO DEL CENTRO DE UNA IMPRESIÓN AL BORDE DE LA PIEZA, TIENE QUE ASCENDER POR LO MENOS A 3 MM

- OTRA CONDICIÓN, ES QUE EL ESPESOR DE LA **PROBETA A ENSAYAR, SEA DE POR LO MENOS 10 ½ VECES EL DIAMETRO DE LA IMPRESIÓN CON EL FIN DE EVITAR EL EFECTO YUNQUE. EFECTO DE LA SUPERFICIE DE APOYO.**

- LA PROBETA O PIEZA A ENSAYAR DEBE ESTAR PREPARADA SUFICIENTEMENTE. LAS PIEZAS A PROBAR TIENEN QUE PRESENTAR UNA SUPERFICIE LISA Y ESTAR POR LO MENOS FINAMENTE RECTIFICADA, CON EL FIN DE DESCARTAR MEDICIONES ERRÓNEAS A CAUSA DE GRANDES ESTRÍAS DE RECTIFICADO. LA SUPERFICIE TIENE QUE ESTAR LIBRE DE CASCARILLA Y DE DECARBURACIONES

15/03/2012

- TAMBIÉN DEBE DE ESTAR APOYADA CONVENIETEMENTE Y NO DOBLARSE POR ACCIÓN DE LA CARGA.

MICRODUREZA

- LAS PENETRACIONES MICROSCÓPICAS DE DUREZA SE HACEN CON CARGAS MUY PEQUEÑAS Y SE UTILIZAN PARA ESTUDIAR VARIACIONES LOCALIZADAS DE DUREZA EN MATERIALES MONOFASICOS Y MULTIFASICOS (ALEACIONES), ASÍ COMO PARA MEDIR LA DUREZA DE GRANOS METÁLICOS.

- **LOS ENSAYOS DE DUREZA PRODUCEN DEFORMACIÓN ELÁSTICA Y LUEGO PLÁSTICA EN EL MATERIAL Y LAS VARIABLES QUE AFECTEN LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA AFECTAN TAMBIEN LA DUREZA. VARIABLES TALES COMO EL TRABAJADO ANTERIOR DEL MATERIAL, TRATAMIENTO TERMICO ETC.**

RELACION ENTRE DUREZA Y ESFUERZO MAXIMO

- EN MUCHOS MATERIALES EXISTE UNA CORRELACION ENTRE LA PRUEBA DE DUREZA Y LA RESISTENCIA OBTENIDA DEL ENSAYO DE TENSION CUANDO TIENEN CONDICIONES SIMILARES DE TRABAJO EN FRIO U OTROS PROCESOS.
- LA PRUEBA DE DUREZA PUEDE HACERSE MAS FÁCILMENTE QUE EL ENSAYO DE TENSION Y LA INFORMACIÓN OBTENIDA SE EVALÚA AL INSTANTE. POR ESTAS RAZONES Y POR SU CARÁCTER NO DESTRUCTIVO, SE EMPLEA FRECUENTEMENTE PARA CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCCIÓN, REMPLAZANDO ALGUNAS VECES AL ENSAYO DE TENSION.

- El ensayo de dureza es un ensayo fácil y no destructivo; puede realizarse en cualquier sitio, ya que existen durómetros fácilmente transportables.
- La dureza superficial puede aumentarse añadiendo al material una capa de carbono, en un tratamiento térmico denominado **cementación**.

TIPOS DE ENASAYO DE DUREZA

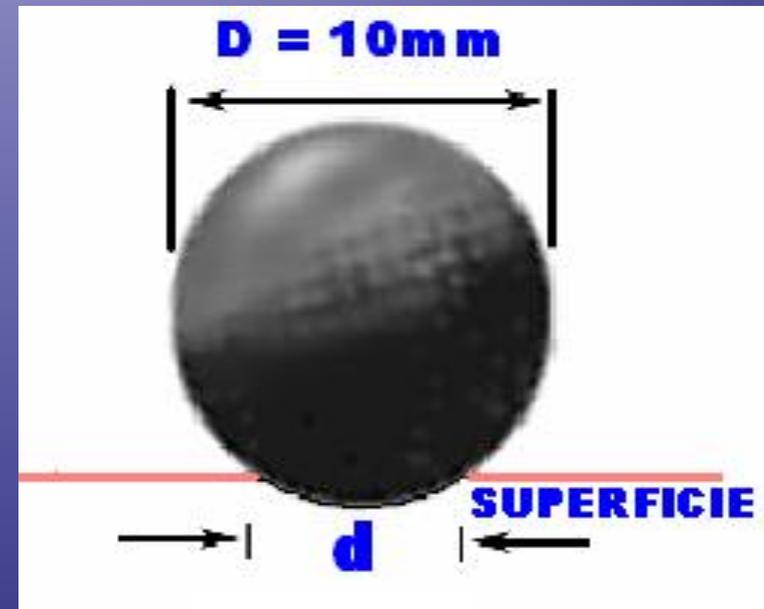
La clasificación y los métodos varían con cada material, dando origen a las diversas escalas o números de dureza:

- Dureza **BRINELL. HBN** (Hardness Brinell Number).
- Dureza **ROCKWELL. HRA, HRB, HRC, ...** (Hardness Rockwell series A, B, C, ...).
- Dureza **VICKERS . HVN** (Hardness Vickers Number)

ENSAYO BRINELL

- Este ensayo se utiliza en materiales de **durezas bajas**.
Utiliza cargas normalmente hasta 3000 kilogramos.
- Indentador:
Esfera de 10mm de acero o carburo de tungsteno.
- Carga (Kgs) = P
- Fórmula:

$$\text{HBN} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$



- LA CARGA SE APLICA DURANTE 30 SEGUNDOS Y LUEGO SE RETIRA. INMEDIATAMENTE SE LEE EN MILÍMETROS EL DIÁMETRO DE LA IMPRESIÓN.

APLICACIONES:

- CON ESFERA DE 10 mm CARGA 3000 KG
FUNDICIONES Y ACEROS.



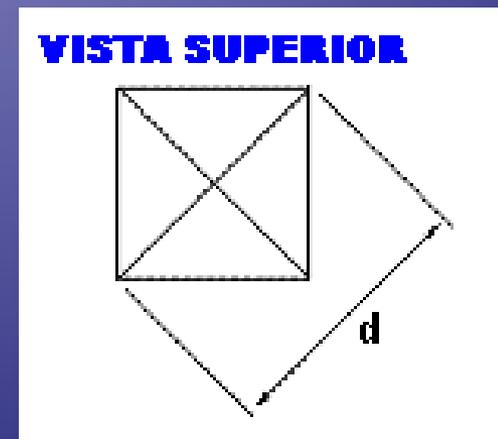
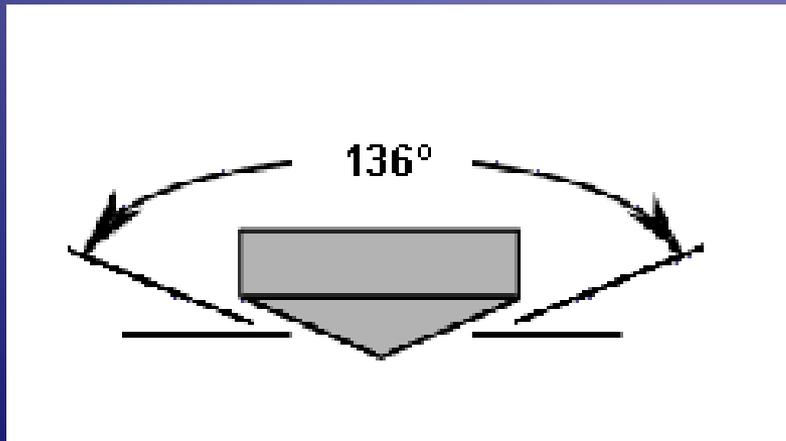
- CON ESFERA DE 10 mm CARGA 500 KG
- NO FERROSOS Y PUROS.



- UNIDADES=Kgs / mm²

ENSAYO VICKERS

- Sus cargas van de 5 a 125 kilogramos (de cinco en cinco)
- Indentador: Pirámide de diamante con ángulo de 136° .
- Carga = P



EMPLEO DEL ENSAYO VICKERS

- **SE EMPLEA PARA LÁMINAS TAN DELGADAS COMO 0.006 PULGADAS Y NO SE LEE DIRECTAMENTE EN LA MAQUINA.**
- PARA DETERMINAR EL NUMERO DE DUREZA SE APLICA LA SIGUIENTE FORMULA:
 - **$HV = 1.854 * P / D^2$**
- ESTE ENSAYO CONSTITUYE UNA MEJORA AL ENSAYO DE BRINELL. SE PRESIONA EL INDENTADOR CONTRA UNA PROBETA BAJO CARGAS MAS LIVIANAS QUE LAS UTILIZADAS EN EL ENSAYO BRINELL. SE MIDEN LAS DIAGONALES DE LA IMPRESIÓN CUADRADA Y SE HALLA EL PROMEDIO PARA APLICAR LA FORMULA ANTES MENCIONADA

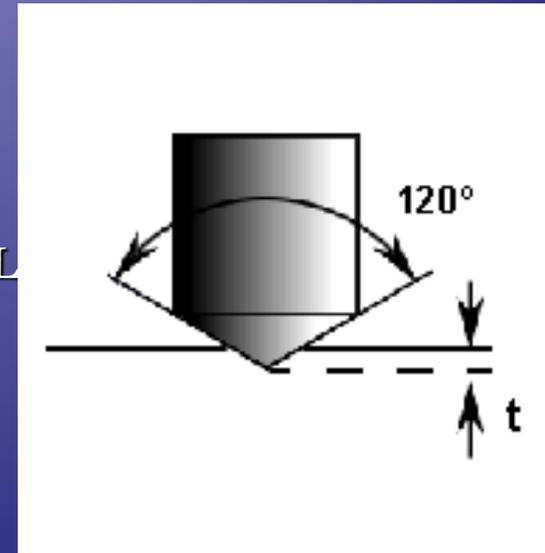
ENSAYO ROCKWELL

- SE USA UNA ESFERA DE ACERO DE DIÁMETRO PEQUEÑO PARA MATERIALES BLANDOS, Y UN CONO DE DIAMANTE PARA MATERIALES DUROS.
- SE APLICA A MATERIALES MAS DUROS QUE LA ESCALA BRINELL .
- LA MÁQUINA MIDE AUTOMATICAMENTE EN UNA ESCALA LA DUREZA.
- ENSAYO **ROCKWELL A, C, D** . INDENTADOR : **CONO DE DIAMANTE** (HRA, HRC, HRD)
- **CARGA:**

PB= 100 Kg
PC = 150 Kg

DA COMO RESULTADO UN NÚMERO ADIMENSIONAL

Formula: HRA, HRC, HRD = 100 - 500t



Ensayo ROCKWELL **B**, F, G, E

INDENTADOR :

ESFERA DE ACERO = 1/16 pulg, (HRB, HRF, HRG)

ESFERA DE ACERO = 1/8 pulg. (HRE)

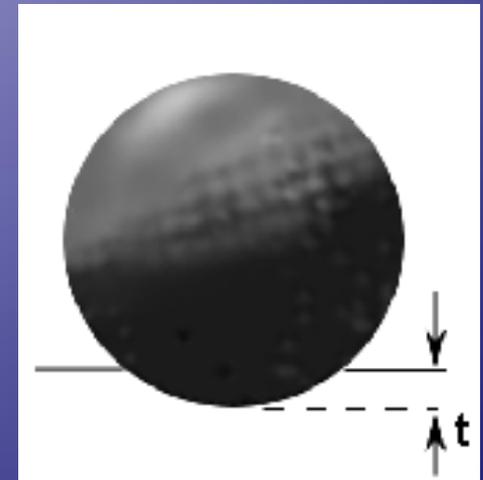
CARGA:

HRA = 60 Kg

HRD = 100 Kg

- HRF = 60 Kg
- HRG = 150 Kg
- HRE = 100 Kg

- **Formula:** HRB, HRF, HRG, HRE = $130 - 500t$



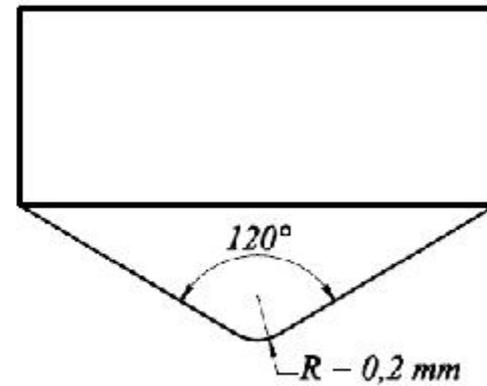
ROCKWELL B

- DISEÑADO PARA MATERIALES DE DUREZA INTERMEDIA COMO ACEROS DE MEDIO Y BAJO CARBONO.
- SU ESCALA VA DE 40 A 100 RB.

ROCKWELL C

- .SE EMPLEA EN **MATERIALES MAS DUROS QUE 100 RB.**
- EL FUNCIONAMIENTO DE ESTE ENSAYO ES COMO SIGUE:
 - 1. SE ACCIONA UNA PALANCA QUE PRESIONA EL CONO DE DIAMANTE A UNA PEQUEÑA DISTANCIA ESTABLECIDA DENTRO DE LA PROBETA. ESTO SE CONOCE COMO LA "PRECARGA" (10 KG |).**
 - 2. ENSEGUIDA, SE DEJA ACTUAR LA CARGA RC NORMALIZADA DE 150 KILOGRAMOS, QUE PRESIONA AUN MAS EL DIAMANTE DENTRO DE LA PROBETA.**
 - 3. LUEGO CON LA MISMA PALANCA SE QUITA LA CARGA. EN ESTE MOMENTO SE LEE LA DUREZA RC EN LA ESCALA Y LUEGO, SE DESCARGA LA PALANCA.**

EL PRINCIPIO DE ESTE ENSAYO, ESTA EN QUE A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE PALANCAS SE REGISTRA EN LA ESCALA LA PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN ENTRE LA PRECARGA Y LA CARGA DE 150 KILOGRAMOS Y SE LEE DIRECTAMENTE EN RC.



Indentador cónico esferoidal de Rockwell

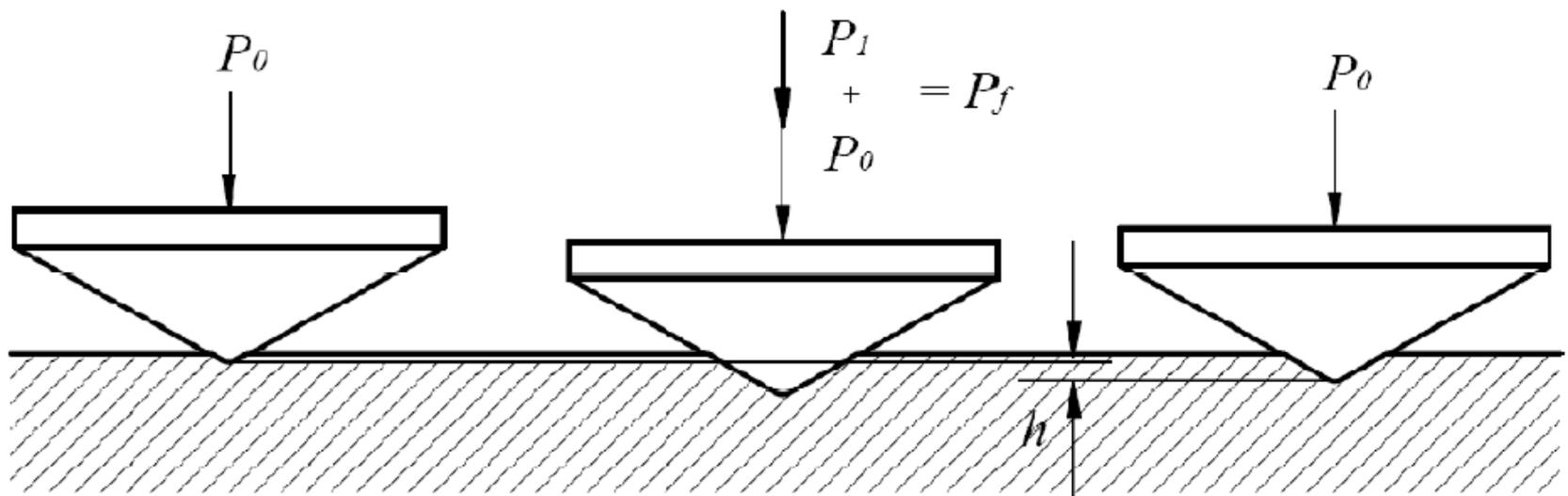
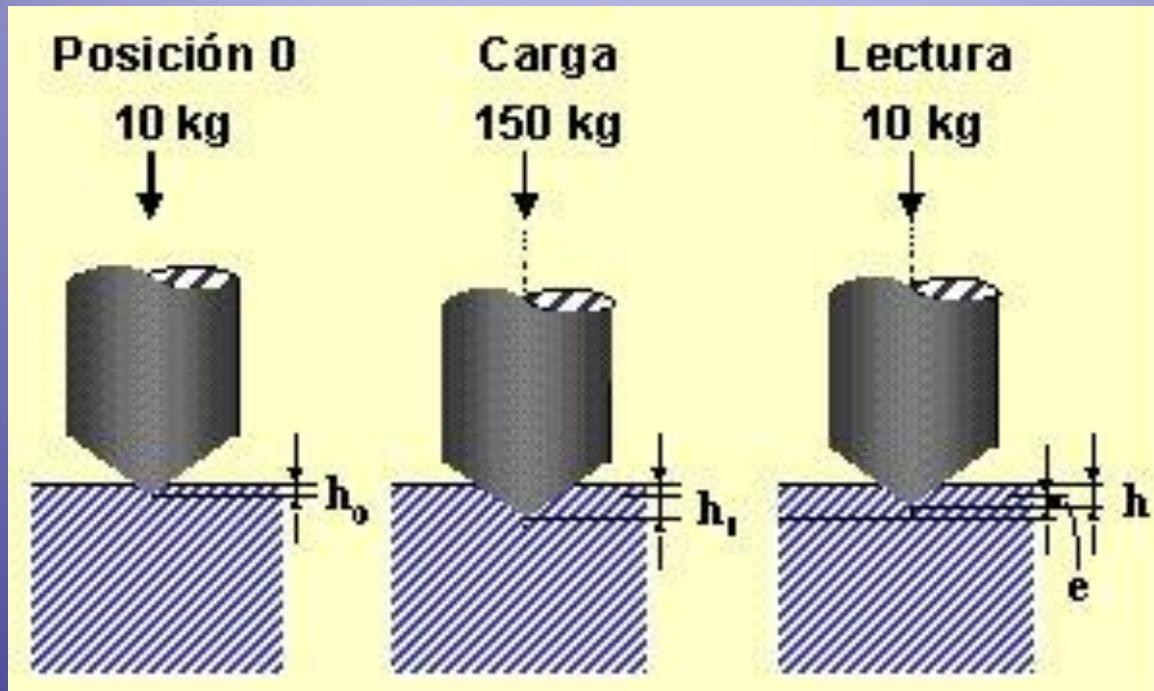
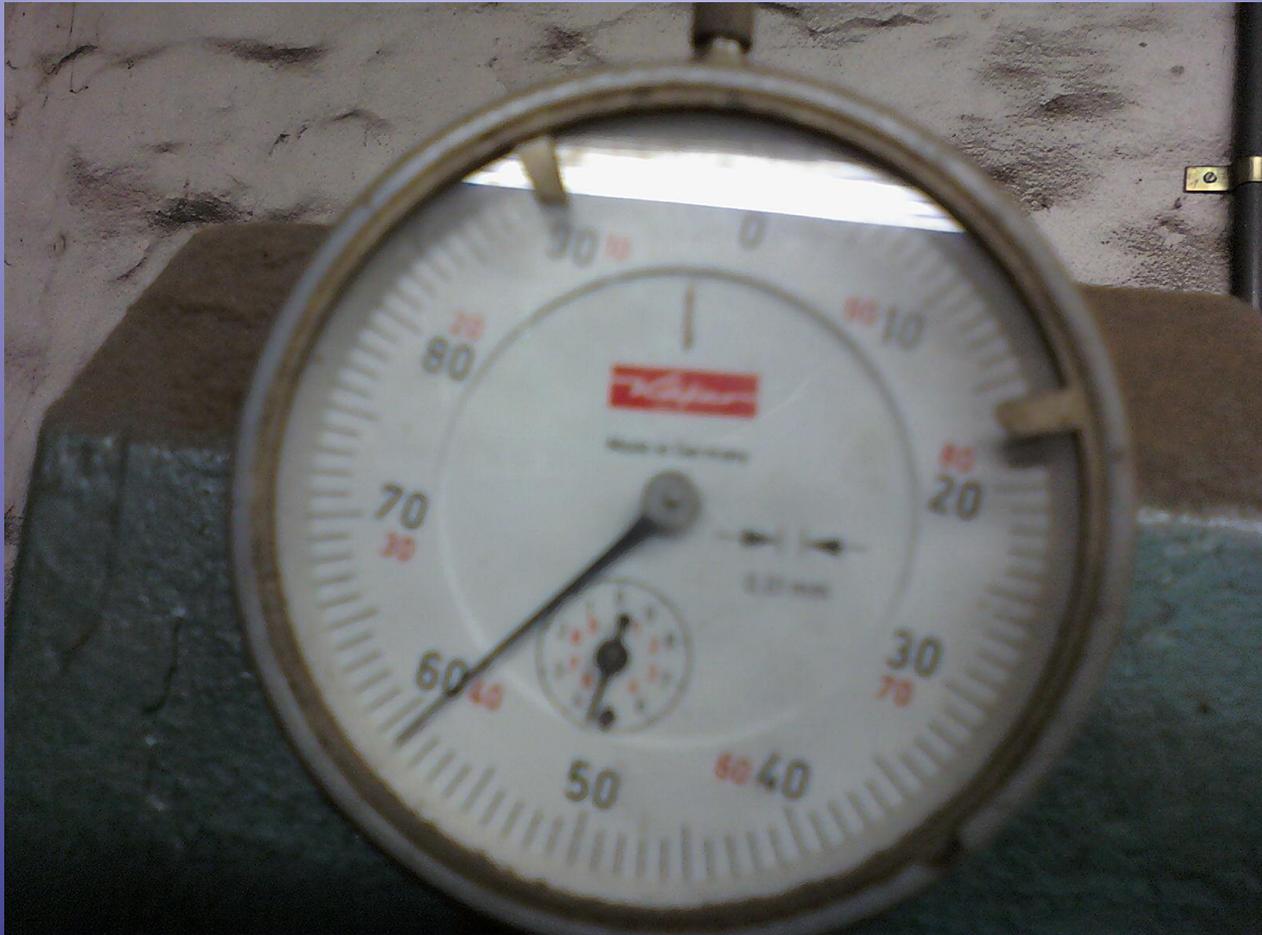


Figura 1. Esquema de medición de la dureza Rockwell



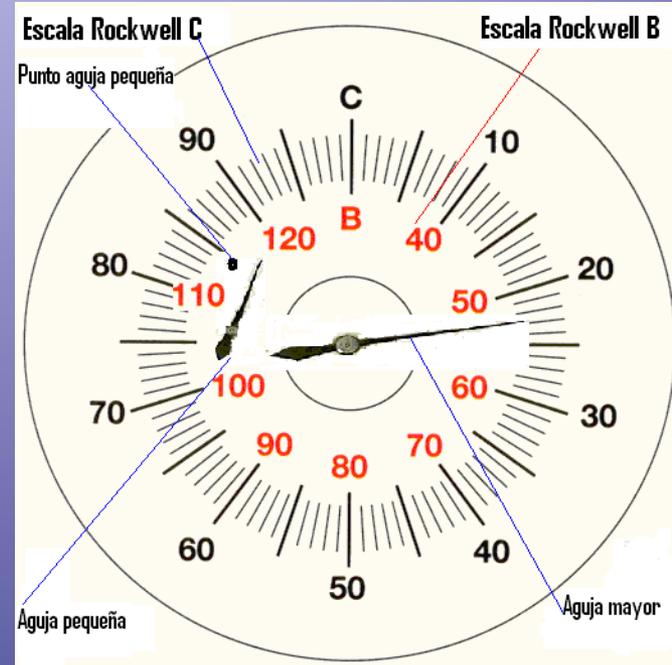
SUBESCALAS ROCKWELL

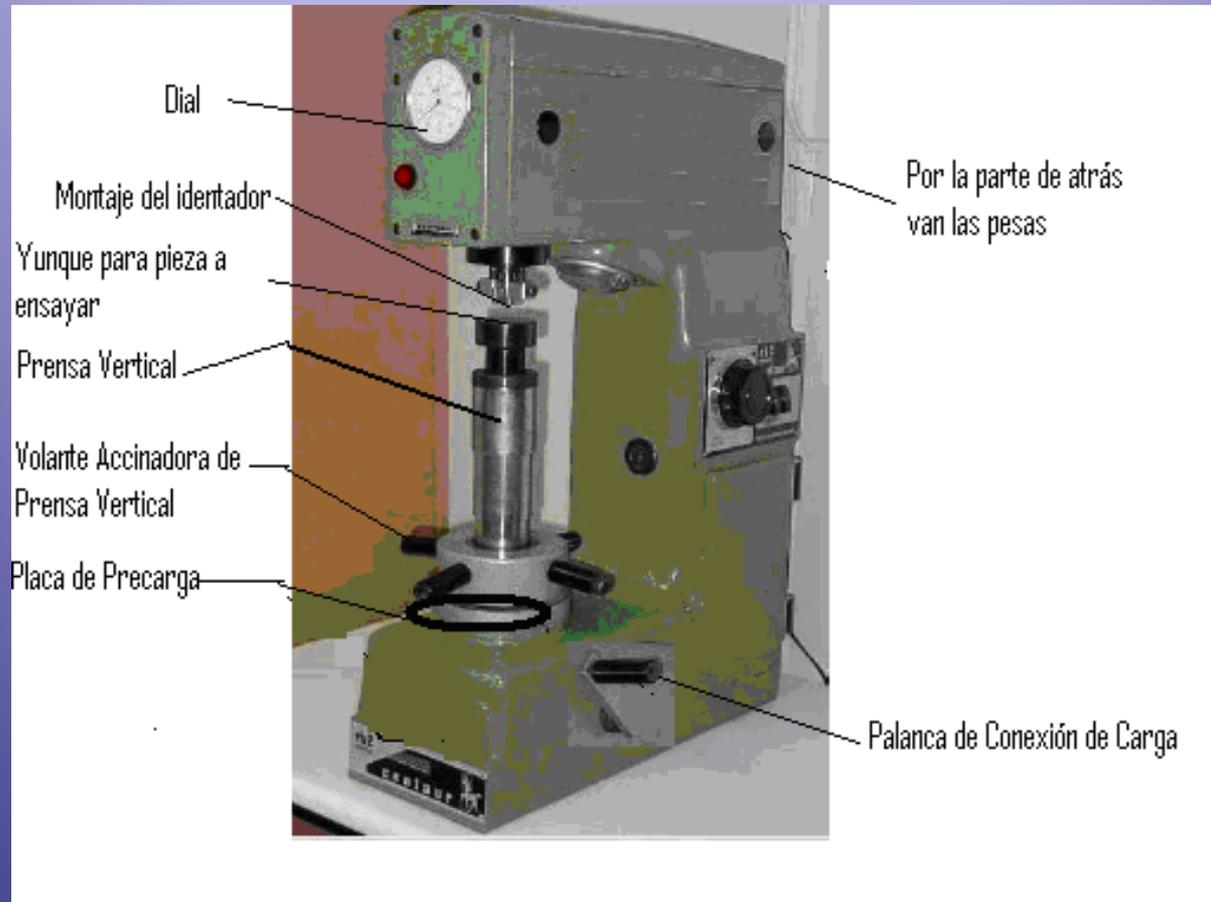
ESCALA	CARGA (kg)	PENETRADOR	MATERIALES TIPICOS PRBADOS
A	60	Cono de diamante	Materiales duros en extremo, carburos de wolframio, etc.
B	100	Bola de 1/16"	Materiales de dureza media, aceros al carbono bajos y medios, latón, bronce, etc.
C	150	Cono de diamante	Aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas.
D	100	Cono de diamante	Acero superficialmente cementado.
E	100	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio.
F	60	Bola de 1/16"	Bronce y cobre recocidos.
G	150	Bola de 1/16"	Cobre al berilio, bronce fosforoso, etc.
H	60	Bola de 1/8"	Placa de aluminio.
K	150	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio.
L	60	Bola de 1/4"	Plásticos y metales suaves, como el plomo.

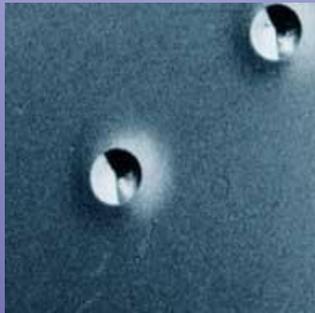


DIAL









OTROS MÉTODOS DE DUREZA

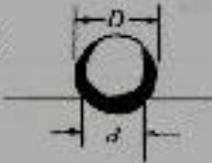
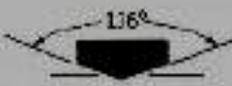
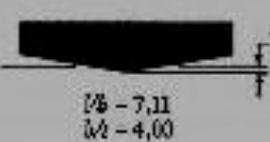
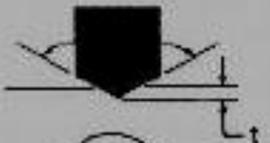
- ADEMÁS DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, OTROS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA DUREZA PUEDEN BASARSE EN EL RASPADO DE LA SUPERFICIE POR EJ. CON LA LIMA O EL RASPADO DE UN MATERIAL CON RESPECTO AL OTRO (ESCALA MOHS) O EN LA MEDICIÓN DEL REBOTE ELÁSTICO DE UNA ESFERA DURA.

ESCALA MOHS

Escala Mohs (1882)

- 1. Talco**
- 2. Gipsita**
- 3. Calcita**
- 4. Fluorita**
- 5. Apatita**
- 6. Feldespato**
- 7. Cuarzo**
- 8. Topacio**
- 9. Safiro**
- 10. Diamante**

- La dureza se correlaciona con la resistencia al desgaste.
- Se prefiere el uso de materiales duros cuando éstos deben resistir el roce con otros elementos. Es el caso de las herramientas de construcción como palas, carretillas, pisos, tolvas, y en engranajes, cuerpos moledores etc,
- Materiales poliméricos son blandos.
- Metales y aleaciones con durezas intermedias.
- Cerámicos muy duros.
- Carburo de W y Co en corte.
- Diamante microcristalino en herramientas de corte y perforación.

Forma de penetración					
Ensayo	Penetrador	Vista lateral	Vista en planta	Carga	Fórmula para el índice de dureza
Brinell	Esfera de 10 mm de acero o carburo de wolframio			P	$BHN = \frac{2P}{\pi(DD - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Pirámide de diamante			P	$VHN = \frac{1,72P}{d_1^2}$
Microdureza de Knoop	Pirámide de diamante			P	$KHN = \frac{14,2P}{l^2}$
Rockwell					
A } C } D }	Coro de diamante			$60 \text{ kg } R_A =$ $150 \text{ kg } R_C =$ $100 \text{ kg } R_D =$	100-500f
B } F } G }	Esfera de acero de $\frac{1}{16}$ pul de diámetro			$100 \text{ kg } R_B =$ $60 \text{ kg } R_F =$ $150 \text{ kg } R_G =$ $100 \text{ kg } R_T =$	130-500f
E	Esfera de acero de $\frac{1}{8}$ pul de diámetro				

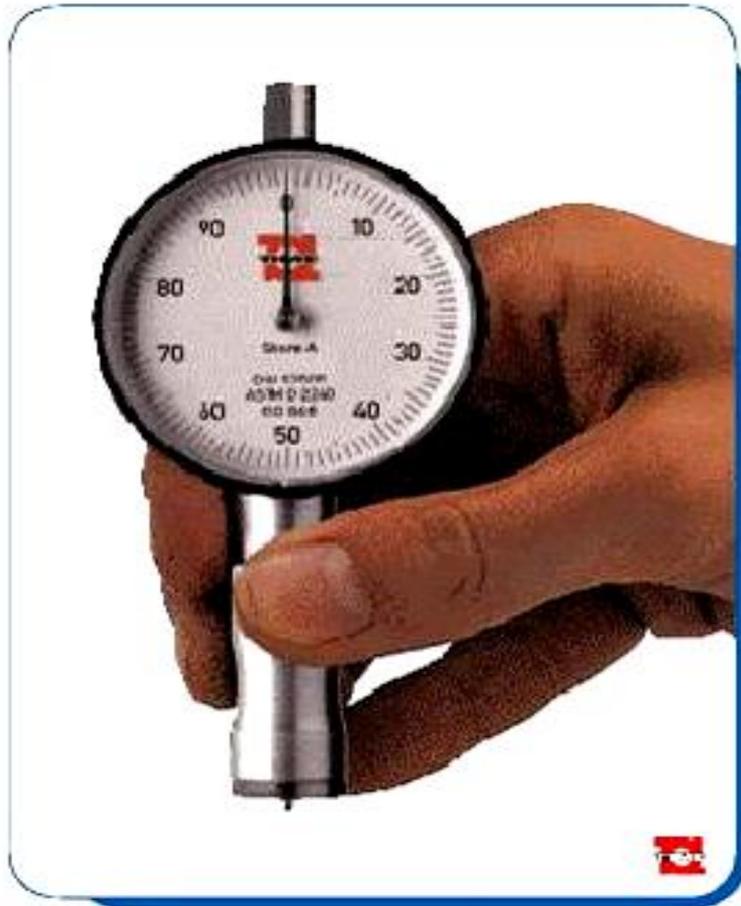
Autor: Sergio H. W. Kayron, W. G. Moffat y J. Nuff. «The Structure and Properties of Materials» vol. III, Wiley, 1985, pág. 12.

TABLA DE DUREZAS

Brinell HB	Vickers HV	Rockwell				Shore HS
		HR A	HR B	HR C	HR D	
-	940	85,8	-	68	78,9	97
-	900	85,0	-	67	78,1	95
-	865	84,5	-	66	75,4	92
739	832	83,9	-	65	74,5	91
722	800	83,4	-	64	73,8	88
705	772	82,8	-	63	73,0	87
688	748	82,3	-	62	72,2	85
670	720	81,8	-	61	71,5	83
654	697	81,2	-	60	70,7	81
634	674	80,7	-	59	69,9	80
615	653	80,1	-	58	69,2	78
595	633	79,8	-	57	68,5	76
577	613	79,0	-	56	67,7	75
560	595	78,5	-	55	66,9	74
543	577	78,0	-	54	66,1	72
525	560	77,4	-	53	65,4	71
512	544	76,8	-	52	64,6	69
496	528	76,3	-	51	63,8	68
481	513	75,9	-	50	63,1	67
469	498	75,2	-	49	62,1	66
455	484	74,7	-	48	61,4	64
443	471	74,1	-	47	60,8	63
432	458	73,8	-	46	60,0	62
421	446	73,1	-	45	59,2	60
409	434	72,5	-	44	58,5	58
400	423	72,0	-	43	57,7	57
390	412	71,5	-	42	56,9	56
381	402	70,9	-	41	56,2	55
371	392	70,4	-	40	55,4	54
362	382	69,9	-	39	54,6	52
353	372	69,4	-	38	53,8	51
344	363	68,9	-	37	53,1	50

NOTA: VER LA OTRA TABLA DE DUREZAS
ELABORÓ ING. EFREN GIRALDO T.

Dureza en cauchos
Shore A



Shore D



Microdureza y nano dureza

