

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

**Implementación y control técnico científico de un EQUIPO DE
COMPROBACIÓN DE LABORATORIO PARA DUREZAS SUPERFICIALES.**

GALO ALBERTO ANDINO EGÜEZ

MIGUEL EDUARDO CANO LOPEZ

Director: Ing. Abel Remache

2011

Quito, Ecuador

CERTIFICACION

Nosotros, GALO ALBERTO ANDINO EGÜEZ y MIGUEL EDUARDO CANO LOPEZ declaramos que somos los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

GALO ALBERTO ANDINO EGÜEZ
171189516-7

MIGUEL EDUARDO CANO LOPEZ
171476975-7

Yo, Ing. Abel Remache, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, los señores,, son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Ing. Abel Remache
Director

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud en primer lugar a Dios por permitirme llegar a culminar mis estudios y poder contar con mis padres y mi hermana pilares fundamentales en la consecución de esta meta.

En segundo lugar a la Universidad Internacional del Ecuador y a todas las personas que conforman la Facultad de Ingeniería Automotriz que me han acompañado durante este largo camino, brindándome su orientación con profesionalismo y ética.

Un agradecimiento especial a mi asesor el Ing. Abel Remache por todos los consejos los cuales hicieron que este proyecto pueda realizarse exitosamente.

A cada uno de mis compañeros con los cuales compartí memorables momentos tanto dentro como fuera de las aulas, una mención especial a mi amigo y compañero de tesis Miguel Cano por su aporte en el desarrollo del proyecto.

A todas y cada una de las personas quienes de una u otra forma han aportado con un grano de arena para la finalización de este trabajo, agradezco de forma muy sincera su valiosa colaboración.

Galo Andino

AGRADECIMIENTO

Quisiera empezar agradeciendo a mi dios por darme la sabiduría, a mis padres por haberme brindado la oportunidad de vivir y proveerme de una educación de calidad dentro y fuera del hogar. Gracias a todo su esfuerzo hoy se hace realidad uno de mis sueños y de seguro un gran sueño de ellos también. Gracias a las palabras de aliento de mi madre , esa voz que empuja cada momento, y que ha evitado cada intento de desmayar. Gracias por poder compartir este logro con mis padres.

Gracias a mis hermanas que en ciertos momentos supieron ayudarme y darme su apoyo, a mi familia en general por todo su apoyo incondicional.

De igual forma gracias a mis amigos con los cuales compartí varios momentos, los cuales permanecerán grabados en mi mente, a mi novia por sus palabras y por lograr compartir nuestro tiempo. De forma especial a mi gran amigo y compañero de tesis Galo Andino por saber sobrellevar este proyecto.

Como no puede ser de otra forma a mis maestros universitarios, a todas las personas que forman la facultad de mecánica automotriz de la universidad internacional del Ecuador por haberme brindado su conocimiento, profesionalismo y paciencia, a el Ingeniero Abel Remache por estar pendiente del proyecto que se emprendió con su ayuda, por ser un buen gestor y a el sub decano de la facultad Ingeniero Andrés Castillo por su apoyo total, sabias palabras y por estar siempre oportuno a cualquier consulta.

Miguel Cano López

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios y a mi familia ya que gracias a su apoyo he podido cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mis padres por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome, con sus consejos, enseñanzas y amor y haciendo de mí una mejor persona. A mi hermana por estar siempre presente en cada momento de mi vida brindándome apoyo incondicional.

Y a todas esas personas muy especiales que creyeron en mí y de una u otra forma estuvieron pendientes y dándome animo durante el desarrollo del proyecto.

Galo Andino

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi familia en general y a dios, ya que gracias a todo este conjunto puedo ser cada día mejor, con todo mi corazón a mi madre que alegra mi vida y la llena siempre de amor. Ella que ha sabido demostrarme con el ejemplo que la barrera más grande que tiene el ser humano es uno mismo, por saber compartir todo su conocimiento, A mi padre que me enseno que sin sacrificio no se alcanzaran nunca las metas trazadas, Gracias madre por estar siempre a mi lado y saber ser madre, amiga y guía te amo.

Miguel Cano López

INDICE

CERTIFICACION.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	IV
INDICE.....	VI
INDICE GRAFICOS.....	XI
INDICE TABLAS.....	XIII
INDICE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
SUMMARY.....	XVI
INTRODUCCION.....	XVII
CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1.1 Fuerza.....	1
1.2 Presión.....	1
1.3 Dureza.....	1
1.4 Durómetro.....	1
1.4.1 Indentador.....	2
1.5 Ensayos.....	2
1.5.1 Ensayos de dureza.....	2
1.5.1.1 Ensayo brinell.....	3
o Ventajas y Limitaciones.....	7
1.5.1.2 Ensayo Vickers.....	7
o Ventajas y Limitaciones.....	9
1.5.1.3 Ensayo rockwell.....	10
o Ventajas y Limitaciones.....	14

CAPITULO II ANALISIS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN DUROMETRO

PORTATIL.....	16
2.1 Parámetros para la selección.....	16
2.2 Alternativa I.....	17
2.2.1 Durómetro portátil.....	17
2.2.2 Esquema.....	17
2.2.3 Elementos.....	17
2.2.4 Funcionamiento.....	18
2.2.5 Ventajas y desventajas.....	18
2.3 Alternativa II.....	19
2.3.1 Durómetro de banco.....	19
2.3.2 Esquema.....	19
2.3.3 Elementos.....	19
2.3.4 Funcionamiento.....	20
2.3.5 Ventajas y desventajas.....	20
2.4 Alternativa III.....	21
2.4.1 Durómetro ultrasónico.....	21
2.4.2 Esquema.....	21
2.4.3 Elementos.....	21
2.4.4 Funcionamiento.....	22

2.4.5	Ventajas y desventajas.....	22
2.5	Valoración de alternativas.....	22
2.5.1	Escala de valores para la selección.....	22
2.5.2	Ponderación de alternativas.....	24
2.6	Conclusión de la evaluación.....	25
CAPITULO III IMPLEMENTACION Y CONTROL TECNICO CIENTIFICO.....		26
3.1	Principio de funcionamiento y características del equipo.....	26
3.1.1	Principio de funcionamiento.....	26
3.1.2	Características del equipo.....	27
3.2	Control técnico científico.....	27
3.2.1	Dureza Brinell.....	29
3.2.2	Dureza Vickers.....	35
3.2.3	Dureza Rockwell.....	40
CAPITULO IV MANUAL DE FUNCIONAMIENTO.....		45
4.1	Estructura del equipo y principio de prueba.....	45
4.1.1	Estructura del equipo.....	45
4.1.1.1	Dispositivo de impacto.....	47
4.1.2	Pantalla principal.....	48
4.1.3	Teclado.....	49

4.1.4	Principio de prueba (dureza leeb).....	50
4.2	Preparación.....	50
4.2.1	Preparación e inspección del instrumento.....	50
4.2.2	Preparación de la superficie de prueba.....	51
4.3	Programa de pruebas.....	52
4.3.1	Encendido.....	52
4.3.2	Carga.....	52
4.3.3	Ubicación.....	53
4.3.4	Ensayo.....	54
4.3.5	Lectura del valor medido.....	54
4.3.6	Aviso.....	55
4.4	Detalle de funcionamiento.....	55
4.4.1	Encendido / Apagado.....	55
4.4.2	Selección de material.....	56
4.4.3	Resistencia / Dureza.....	58
4.4.4	Configuración de dirección.....	58
4.4.5	Ajuste numero de impactos.....	58
4.4.6	Registro de datos.....	58
4.4.6.1	Visualización de archivos almacenados.....	59
4.4.6.2	Borrar archivos o grupo.....	59
4.4.7	Restablecimiento del sistema.....	60

4.4.8 Luz de fondo.....	60
4.4.9 Apagado automático.....	60
4.4.10 Referencia códigos de error.....	61
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXOS.....	66

INDICE GRAFICOS

Grafico 1.1 Ensayo Brinell.....	5
Grafico 1.2 Superficie Indentador Piramidal.....	8
Grafico 1.3 Principio Rockwell.....	11
Grafico 1.4 Ensayo Rockwell Indentador (Piramide).....	12
Grafico 1.5 Ensayo Rockwell Indentador (Esfera de Acero).....	13
Grafico 1.6 Impresiones Comparativas.....	15
Grafico 2.1 Esquema Durómetro Portátil.....	17
Grafico 2.2 Esquema Durómetro de Banco.....	19
Grafico 2.3 Esquema Durómetro Ultrasónico.....	21
Grafico 3.1 Material Ensayo #1.....	28
Grafico 3.2 Material Ensayo #2.....	28
Grafico 3.3 Material Ensayo #3.....	28
Grafico 3.4 Promedio #1 de Dureza Brinell.....	29
Grafico 3.5 Promedio #2 de Dureza Brinell.....	30
Grafico 3.6 Promedio #3 de Dureza Brinell.....	30
Grafico 3.7 Ensayo Brinell.....	32
Grafico 3.8 Promedio de Dureza Vickers.....	36
Grafico 3.9 Ensayo Vickers.....	36
Grafico 3.10 Diagonal de la Huella (AMD).....	38
Grafico 3.11 Promedio #1 de Dureza Rockwell.....	40
Grafico 3.12 Promedio #2 de Dureza Rockwell.....	41
Grafico 3.13 Promedio #3 de Dureza Rockwell.....	41
Grafico 3.14 Ensayo Rockwell.....	42

Grafico 4.1 Durómetro Portatil (Frontal).....45

Grafico 4.2 Durómetro Portatil (Posterior).....46

Grafico 4.3 Dispositivo de Impacto.....47

Grafico 4.4 Pantalla Principal.....48

Grafico 4.5 Pantalla de Calibración.....51

Grafico 4.6 Medición de Superficie Curva.....52

Grafico 4.7 Carga del Dispositivo.....53

Grafico 4.8 Colocación del Dispositivo.....53

Grafico 4.9 Liberación.....54

Grafico 4.10 Encendido.....56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Rango de Dureza para Cargas Normalizadas de Brinell.....	3
Tabla 1.2 Grueso de una Probeta Brinell.....	4
Tabla 1.3 Escalas Rockwell de Dureza.....	14
Tabla 2.1 Ponderación.....	24
Tabla 3.1 Resultados del Ensayo Brinell	35
Tabla 3.2 Resultados del Ensayo Vickers.....	40
Tabla 3.3 Resultados del Ensayo Rockwell.....	44
Tabla 4.1 Simbología y Funcion del Teclado.....	49
Tabla 4.2 Tabla para Selección de Material (Dureza).....	57
Tabla 4.3 Tabla para Selección de Material (Resistencia).....	57
Tabla 4.4 Codigos de Error y Causas.....	61

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Valores de Regulación del Instrumento.....	67
Anexo 2 Factores para Conversión de Dureza.....	67
Anexo 3 Equivalencias entre Durezas.....	68
Anexo 4 Rangos de Dureza para Materiales.....	69

RESUMEN

Los ensayos de dureza poseen un amplio campo de aplicación, comúnmente son aplicados a los metales más que a cualquier otro tipo de material. El objetivo principal de los ensayos es la determinación de propiedades del material, por ejemplo, la dureza puede usarse para separar o clasificar materiales de diferente composición, determinar si se ha realizado un tratamiento térmico adecuado o para medir la resistencia al desgaste de un producto. El durómetro portátil va a permitir determinar el número de dureza de diferentes tipos de metales en las diferentes escalas (brinell, vickers, rockwell).

Dentro del capítulo 1 se encuentra la definición de los términos que se utilizara con mayor frecuencia en el desarrollo de este proyecto, además, los fundamentos teóricos sobre dureza y ensayos de dureza, donde se explica paso a paso el procedimiento para la elaboración de dichos ensayos y la respectiva deducción de formulas para determinar teóricamente el número de dureza. En el capítulo 2 se procede a realizar el respectivo análisis de cada alternativa y determinar la opción que mejor conviene para la consecución de los objetivos planteados. A continuación en el capítulo 3 se enuncia las características técnicas y principio de funcionamiento del durómetro portátil, además se realizan pruebas de dureza en diferentes tipos de materiales y se realiza el control técnico científico con las formulas ya conocidas en el capítulo 1. En el capítulo 4 se puede encontrar un manual técnico acerca del durómetro portátil Phase II PHT-1800 y por ultimo conclusiones y recomendaciones.

SUMMARY

The hardness tests have a wide range of applications, are commonly applied to metals than any other type of material. The main objective of the tests is the determination of material properties, for example, the hardness can be used to separate or sort materials of different composition, was performed to determine whether heat treatment or to measure the wear resistance of a product. The portable hardness tester will allow to determine the hardness number of different types of metals at different scales (Brinell, Vickers and Rockwell).

In Chapter 1 is the definition of the terms used most often in the development of this project, in addition, the theoretical foundations of strength and hardness tests, which explains step by step procedure for the preparation of such tests and the corresponding deduction formulas to determine theoretically the hardness number.

In Chapter 2 we proceed to perform the respective analysis of each alternative and determine which option is best suited to achieving the objectives. Next in Chapter 3 sets out the technical and operating principle of the portable hardness tester, besides hardness tests are performed on different types of materials and technical control is carried out by the scientific formulas known in Chapter 1. In Chapter 4 you can find a technical manual of the Phase II portable hardness tester PHT-1800 and finally conclusions and recommendations.

INTRODUCCION

Dada la necesidad de un estudio y análisis profundo de los parámetros generales dentro de los ensayos de dureza, este proyecto se enfoca a los tres tipos de ensayos más comunes (brinell. Vickers y rockwell).

Además de la inexistencia de un instrumento que nos permita obtener dicha dureza dentro de la facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, nos hemos visto en la necesidad de solventar este inconveniente con la utilización del durómetro portátil y de esta forma facilitar la obtención de durezas en las practicas que se realicen dentro de la Universidad internacional del Ecuador.

Teniendo como objetivo general comprobar y demostrar de forma práctica y teórica la dureza superficial de los materiales utilizando un durómetro portátil y realizando los cálculos respectivos luego del experimento, para de esta forma comprobar la indentación, característica o dureza propia del material de ensayo estableciendo los conceptos básicos de procedimientos y durezas.

Como objetivos específicos se han planteado establecer los conceptos básicos de dureza y su comprobación científica, una vez conocidos los conceptos, analizar y determinar las diferentes características del ensayo brinell, vickers y rockwell. Conocer y describir los elementos constitutivos del durómetro portátil para la elaboración de los ensayos respectivos y de esta forma establecer el modelo matemático para uso de un durómetro portátil. Y proveer de un manual de operación del durómetro portátil.

Para la elaboración de este proyecto se ha utilizado dos métodos científicos, el uno el método teórico (análisis – síntesis; hipotético-deductivo) y el método empírico (observación, medición y experimentación). Los tipos de estudio son exploratorios y explicativos.

Una vez desarrollado el presente proyecto se ha obtenido como resultado el número de dureza de tres tipos de materiales ayudados de un durómetro portátil; se elaboro un manual de uso de dicho durómetro dentro del cual se explica todos los procedimiento

para su operación; además los valores (superficie, diámetros de las huellas) que se deben obtener al someter los materiales a pruebas de dureza en durómetros de banco. La forma de obtener todos estos resultados se encuentra respaldada en el trabajo escrito y en un archivo digital.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Fuerza

“La fuerza es una magnitud física vectorial capaz de deformar los cuerpos (estático), modificar su velocidad, vencer su inercia o ponerlos en movimiento (dinámico). La fuerza puede definirse como la acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una aceleración que modifica el modulo o la dirección de su velocidad) o a su vez deformarlo.”¹

1.2 Presión

“La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con el área sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie”²

1.3 Dureza

La definición general de dureza se puede decir que es la oposición o resistencia de un material a ser penetrado por otro; aun no se ha comprendido completamente la física fundamental de la dureza por lo que no existe una escala de medida universal que se ajuste a todos los tipos de materiales.

1.4 Durómetro

Es una maquina creada con el único propósito de medir la dureza de los materiales, existen varios procedimientos o ensayos. Tales como Brinell, Vickers, Rockwell etc. El procedimiento general es aplicar una determinada fuerza o carga sobre un penetrador o indentador (normalizado), el cual produce o deja una huella

¹ VALLEJO-ZAMBRANO, Física Vectorial 1

² VALLEJO-ZAMBRANO, Física Vectorial 2

sobre el material, seguido de las mediciones necesarias de la huella se obtiene la dureza.

1.4.1 Indentador

Dispositivo que se utiliza en las distintas pruebas de dureza, es oprimido contra el material de prueba para causar una huella con una carga determinada sobre este. Puede ser de varios tipos, varias formas y varias composiciones dependiendo del tipo de ensayo.

1.5 Ensayos

Los ensayos de materiales son técnicas estandarizadas con el único fin de determinar propiedades y características de los materiales. Los objetivos de estos ensayos son los siguientes: Caracterización de materiales, control de calidad durante el proceso de fabricación y determinación de fallas en funcionamiento.

1.5.1 Ensayos de dureza

Los ensayos más utilizados para determinar las propiedades del material son los ensayos de dureza, no siendo estos usados solamente para determinar dureza en sí, ya que con conocimiento de la composición y procesos previos del material los ensayos de dureza pueden usarse como una medida indirecta de propiedades y características enteramente diferentes de la dureza. Como ejemplo aplicación o no de tratamientos térmicos, separar materias primas de diferente composición, absorción de energía bajo carga y medir la resistencia o resistencia al desgaste de un producto.

Por lo tanto los ensayos o mediciones de dureza se realizan frecuentemente en : materias primas, en parte o en proceso y en artículos terminados indistintamente.

Los ensayos de dureza dan como resultado también alguna clase de medición de la capacidad de un material para resistir a la penetración en el material cercano a la superficie. Dicha penetración de material (con cualquier tipo de indentacion)

requiere el uso de fuerza e incluye el flujo plástico del material probado, por lo que las características de endurecimiento por trabajo del material son parte de la mayoría de las mediciones de dureza y se explica el por que de la dificultad de convertir un tipo de mediciones de dureza a otro, debido a que los diferentes métodos de medir la dureza no miden exactamente lo mismo. Sin embargo, los ensayos de dureza están normalizados para así proporcionar información práctica y útil.

1.5.1.1 Ensayo Brinell

El ensayo brinell consiste en causar una indentacion o impresión en el material que se prueba con una bola de acero endurecido, con carga definida calculando el cociente entre la carga y la superficie de la huella.

Se acostumbra usar una bola de 10 milímetros de diámetro y una carga de 500 kilogramos para materiales suaves, 1500 kilogramos para materiales de dureza intermedia y una carga de 3000 kilogramos, para materiales duros. Se requiere que la bola o indentador sea de 10 milímetros de diámetro, que no acuse un permanente cambio de diámetro de más de 0.01 milímetros. Por esta razón las bolas o indentadores de carburo de tungsteno se usan frecuentemente para el ensayo de los aceros más duros.

Tabla 1.1 Rango de Dureza para Cargas Normalizadas de Brinell.

Diámetro de la bola, mm	Carga Kg	Rango recomendado de dureza Brinell
10	3000	96 a 600
10	1500	48 a 300
10	500	16 a 100

Davis, Troxell, Ensaye e inspección de los materiales, cap 7, pág. 243

En cuanto a la aplicación de la carga sobre el material puede ser mediante diferentes medios; ya sea por presión de un liquido, tornillo propulsado por engranes o pesas con palanca.

Para realizar el ensayo brinell la superficie de la pieza debe ser plana y estar razonablemente bien pulida para que no existan dificultades el momento de la determinación o medición exacta del diámetro de la huella, en algunos casos de materiales, el borde de la huella queda muy imprecisamente definido aun cuando el acabado sea bueno. Para aumentar esta se recomienda el uso de lámpara móvil para obtener iluminación y mediante contraste de luz y sombra lograr una definición nítida. En algunos casos de se utiliza indentadores ligeramente carcomidos con acido nítrico o acompañados de algún pigmento.

En el ensayo normal, la carga se mantiene por un mínimo de 15 segundos para materiales duros y de 30 segundos para los materiales suaves e intermedios, el material queda permanentemente deformado, se debe tener en cuenta que no deben aparecer marcas en la pieza sobre el lado opuesto de la indentacion y también requiere que el grueso del material a ensayar sea cuando menos diez veces mayor que la profundidad de la huella.

Tabla 1.2 Grueso de una Probeta Brinell

Espesor de la probeta		Mínima dureza para la cual un ensayo Brinell puede ofrecer seguridad		
		Carga de 500 Kg	Carga de 1500 Kg	Carga de 3000 Kg
Plg	Mm			
1/16	1,59	100	301	602
1/8	3,18	50	150	301
3/16	4,76	33	100	201
1/4	6,35	25	75	150
5/16	7,94	20	60	120
3/8	9,53	17	50	100

Davis, Troxell, Ensaye e inspección de los materiales, cap 7, pág. 247

La indentacion no debe realizarse demasiado cerca del borde del material a ensayar, la impresión o huella puede resultar demasiado grande y asimétrica. Si se realiza la indentacion cerca de una anterior, de la misma forma la huella puede

resultar demasiado grande debido a la carencia de suficiente material sustentante o a su vez demasiado pequeña debido al endurecimiento por trabajo del material en la primera indentación.

Todo esto puede desestimarse siempre que la distancia al centro de la huella desde el borde del material o, desde el centro de las huellas adyacentes sea igual o mayor que dos veces y medio el diámetro de la huella.

“El número de dureza Brinell es nominalmente la presión por área unitaria, en kilogramos por milímetro cuadrado, de la huella que queda después de retirar la carga.”³ Se obtiene dividiendo la carga que es aplicada sobre el material por el área de la superficie de la huella la cual se supone esférica. Si D es el diámetro de la bola de acero, d el diámetro de la huella (en milímetros) y P es la carga aplicada entonces:

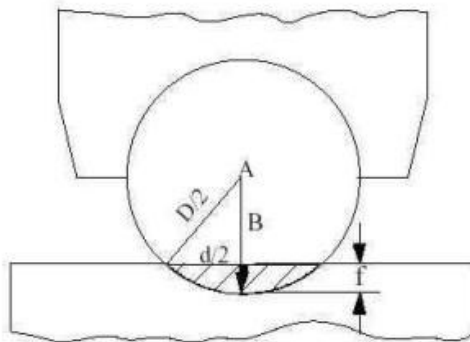


Fig. 1.1 Ensayo Brinell

Moore, Kibbey, Materiales y procesos de fabricación

- $HB = \frac{P}{S}$ (1.1)

Donde: P= Carga efectuada; S= Superficie de la huella

- $HB = \text{Dureza Brinell} \left[\frac{Kp}{mm^2} \right]$

³ DAVIS, H TROXELL, G Ensayo e inspección de los materiales de ingeniería, Editorial Continental

Deducción de la ecuación para calcular la dureza brinell

- $s = \pi D f$ (1.2)

Donde: D= Diámetro de la bola; f= Profundidad de la huella

- $f = \frac{D}{2} - \overline{AB}$ (1.3)

- $\overline{AB} = \sqrt{\frac{D^2}{2} - \frac{d^2}{2}}$ (1.4)

Donde: d= Diámetro de la huella

De: (1.3) y (1.4)

- $f = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})$ (1.5)

Reemplazó (1.5) en (1.2)

- $S = \frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})$ (1.6)

Reemplazo (1.6) en (1.1)

- $HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ (1.7)

La forma de designar la dureza brinell es la siguiente :

$N HB D F t$ donde :

N, numero de dureza expresado en kp/mm^2 .

HB, indica que es el método que se está usando.

D, el diámetro de la bola en mm.

F, fuerza aplicada en Kp

t, tiempo de aplicación de la carga sobre la bola en segundos

- **Ventajas y limitaciones del ensayo brinell**

Este tiene la ventaja, en comparación con la mayoría de los otros, de determinar el valor de la dureza en una área relativamente grande, reduciendo las inconsistencias causadas por falta de homogeneidad, por defectos o imperfecciones en el material que muy probablemente se introducen en mediciones de áreas pequeñas que incluyen solo pocos granos metálicos.

La principal desventaja del ensayo brinell es que la maquina en si para suministrar la carga para realizar la indentacion de la bola en el material con frecuencia es estorbosa y no puede producir siempre la indentacion donde sea, la bola o indentador no puede utilizarse en materiales muy delgados ni para examinar piezas o muestras muy pequeñas y como ultimo se podría decir que la impresión es de tal tamaño que puede dañar el uso o la apariencia de superficies terminadas.

1.5.1.2 Ensayo Vickers

El ensayo o prueba vickers consiste en realizar una indentacion de la misma forma que en el ensayo brinell pero en este caso se usa un penetrador de diamante formado como una pirámide de cuatro lados en la cual el ángulo entre las caras opuestas es de 136 grados, bajo una carga indicada, esta puede variar desde 5 kilogramos hasta 125 kilogramos en incrementos de 5 kilogramos. Este indentador se diseño con el fin de superar las adversidades que se presentan con el indentador esférico.

En el ensayo el material a examinar es penetrado por el indentador, la carga es aplicada lentamente durante un tiempo que oscila entre 10 y 30 segundos,

siendo 15 segundos el mas empleado, se retira la carga y se procede a medir la diagonal de la penetración cuadrada.

Como en el método brinell, el numero vickers de dureza es la razón de la fuerza impuesta o aplicada al penetrador con respecto al área de la impresión o huella piramidal.

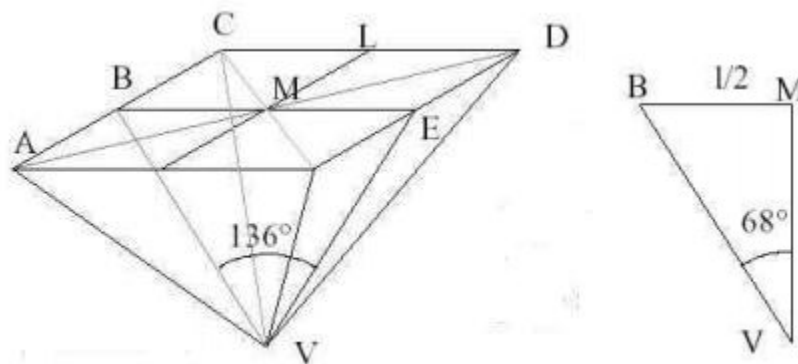


Fig. 1.2 Superficie Indentador Piramidal

Moore, kibbey, Materiales y procesos de fabricación

- $HV = \frac{F}{S} \quad (2.1)$

Donde: F= Fuerza aplicada; S= Superficie de la huella

- HV = Dureza Vickers $\left[\frac{Kp}{mm^2} \right]$

Deducción de la ecuación para calcular la dureza vickers

- $S = 4 \frac{\overline{AC} \overline{VB}}{2} = \frac{4L \overline{VB}}{2} \quad (2.2)$

- $\frac{1}{2} = \overline{VB} \sin 68^\circ \Rightarrow \overline{VB} = \frac{L}{2 \sin 68^\circ} \quad (2.3)$

- $L^2 + L^2 = d^2 \Rightarrow 2L^2 = d^2 \Rightarrow L = \frac{\sqrt{2}}{2} d \quad (2.4)$

De: (2.3) y (2.4)

$$\bullet \overline{VB} = \frac{\sqrt{2} d}{4 \sin 68^\circ} \quad (2.5)$$

Reemplazo (2.5) en (2.2)

$$\bullet S = \frac{4 \frac{\sqrt{2}}{2} d \frac{\sqrt{2}}{2} d}{4 \sin 68^\circ} = \frac{d^2}{2 \sin 68^\circ} \quad (2.6)$$

Reemplazo (2.6) en (2.1)

$$\bullet HV = 1,8543 \frac{F}{d^2} \quad (2.7)$$

La forma de designar la dureza vickers es la siguiente :

$N HV F$ donde :

N, numero de dureza expresado en kp/mm^2 .

HV, indica que es el método que se está usando.

F, es la fuerza expresada en Kp.

○ **Ventajas y limitaciones del ensayo Vickers**

Este ensayo al utilizar un indentador de forma piramidal que permite obtener huellas que resultan bien perfiladas, cómodas para la medición, ya que es mucho más exacta la lectura de la diagonal de un cuadrado que la del diámetro de un círculo, el ensayo vickers es aplicable con igual éxito para materiales duros y blandos, y sobre todo para los ensayos en materiales delgados y en capas superficiales, en los materiales de dureza media la dureza vickers coincide con la dureza brinell.

La distancia desde el borde de la pieza hasta el lugar donde se realizara el ensayo tiene que ser mayor que la pirámide de indentacion para evitar una toma indebida de datos, tampoco pueden hacerse muy próximas entre ellas, ya que en los bordes de las huellas puede cambiar la dureza del material por el esfuerzo expuesto.

Si el ensayo es realizado con una carga inadecuada (menor) se producirá una indentacion pequeña y de difícil lectura lo cual influye en la precisión del método, hay que tener en cuenta que si la carga es muy alta y el material a examinar delgado se corre el riesgo de que el indentador o penetrador pase a la cara inferior del material.

1.5.1.3 Ensayo Rockwell

El ensayo o prueba Rockwell consiste en causar una indentacion o impresión en el material de ensayo, el numero de dureza encontrado es una función del grado de penetración de la pieza de ensayo por la acción de un penetrador o indentador bajo una carga estática dada. El indentador o penetrador puede ser una bola de acero o un cono de diamante con una punta ligeramente redondeada.

En este ensayo se usan varias cargas y penetradores dependiendo del contenido de carbono y características del material de ensayo. Para obtener la lectura de la dureza Rockwell primero se usa una carga menor a 10 kilogramos en el penetrador para ajustarlo contra la probeta de ensayo, dependiendo del tipo de penetrador y de la escala que se use se impone una carga mayor de 60, 100, 150 kilogramos para indentar el material o probeta de ensayo, la carga mayor se elimina y la profundidad diferencial permanente entre las dos cargas se lee directamente como un numero de dureza Rockwell.

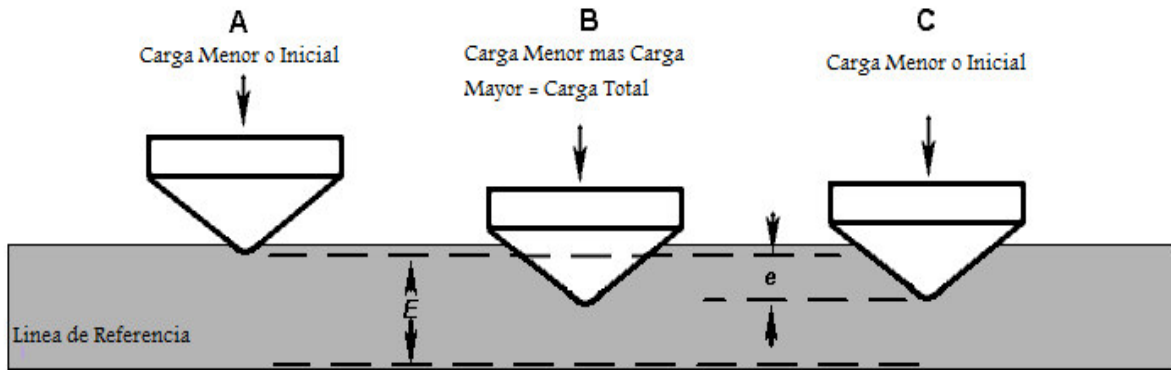


Fig. 1.3 Principio Rockwell

Moore, Kibbey, Materiales y procesos de fabricación

La mayoría de las pruebas de dureza con el equipo Rockwell se realizan usando dos indentadores o penetradores estándar. Una bola de acero endurecido de 1/16 de pulgada de diámetro para materiales más suaves, y un indentador o penetrador cónico de 120 grados con punta de diamante que tiene vértice esférico con radio de 0.2 milímetros para materiales más duros que pueden causar deformación excesiva a la bola de acero endurecido. Este último denominado Brale.

Ensayo ROCKWELL A, C, D

Indentador: Cono de diamante (H_{RA} , H_{RC} , H_{RD})

Carga:

PA = 60 Kg

PC = 150 Kg

PD = 100 Kg

Formula: $H_{RA}, H_{RC}, H_{RD} = 100 - 500t$ (3.1)

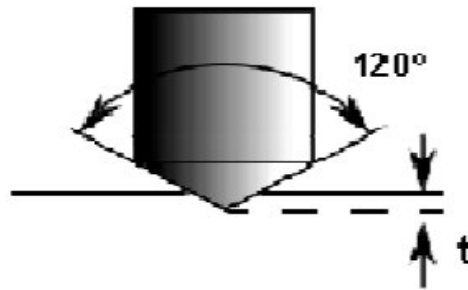


Fig. 1.4 Ensayo Rockwell Indentador (Piramide)

Fuente: Moore,kibbey, Materiales y procesos de fabricación

Ensayo ROCKWELL B, F, G, E

Indentador: Esfera de acero $f = 1/16''$ (H_{RB} , H_{RF} , H_{RG})

Esfera de acero $f = 1/8''$ (H_{RE})

Carga:

PB = 100 Kg

PF = 60 Kg

PG = 150 Kg

PE = 100 Kg

Formula: H_{RB} , H_{RF} , H_{RG} , $H_{RE} = 130 - 500t$ (3.2)

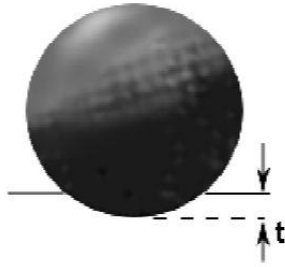


Fig. 1.5 Ensayo Rockwell Indentador (Esfera de Acero)

Fuente: Moore,kibbey, Materiales y procesos de fabricación

Las durezas Rockwell vienen dadas por la siguiente fórmula:

$$nHR\text{Letra}$$

Dónde:

- n es la carga aplicada en kg
- HR es el identificador del ensayo Rockwell
- Letra va a continuación de HR y es la letra correspondiente a la escala usada

Por ejemplo para un material que se le ha aplicado un carga de 150 kg y se ha usado la escala C sería:150HRC

No existe ningún valor de dureza de Rockwell designado para un solo número porque es necesario indicar cual indentador y cual carga se emplearon para hacer el ensayo. Una letra de prefijo, como se muestra en

la primera columna de la Tabla 1.3 se emplea para designar las condiciones de ensayo.

Tabla 1.3 Escalas Rockwell de Dureza

ESCALAS ROCKWELL DE DUREZA			
Escala	Carga Kg	Penetrador	Aplicaciones típicas
A	60	Brale	Carburos cementados, acero delgado, acero de bajo endurecimiento superficial.
B	100	Bola 1/16"	Aleaciones de cobre, aceros suaves, aleaciones de aluminio, hierro maleable.
C	150	Brale	Acero, hierro fundido duro, acero de alto endurecimiento superficial.
D	100	Brale	Acero delgado, acero de endurecimiento superficial mediano.
F	60	Bola 1/16"	Aleaciones de cobre templado, laminas metálicas delgadas y blandas.
G	150	Bola 1/16"	Bronce fosforado, cobre al berilio, hierro maleable.
H	60	Bola 1/8"	Aluminio, plomo, cinc.
K	150	Bola 1/8"	Materiales para rodamientos y otros materiales muy delgados y/o suaves.

Davis, Troxell, Ensaye e inspección de los materiales, cap 7, pág. 254, Basado en la ASTM E 18

○ **Ventajas y limitaciones del ensayo Rockwell**

Este ensayo es similar al de Brinell ya que el numero de dureza encontrado es una función del grado de penetración de la pieza de ensayo por acción de un penetrador bajo una carga dada. En este se usan varias cargas y penetradores, de ahí que la huella resultante sea menor y menos profunda, gracias a lo cual no se produce un daño significativo a la probeta y esta se puede re utilizar, es aplicable al ensayo de materiales cuyas durezas rebasan

el alcance de la dureza brinell siempre que se usen correctamente los indentadores y las cargas.

Como limitación se tiene en cuenta el espesor de la probeta ya que no tiene que aparecer ninguna protuberancia o marca en la superficie opuesta de la huella, placas curvas, y mesas de trabajo sujetas a vibración.

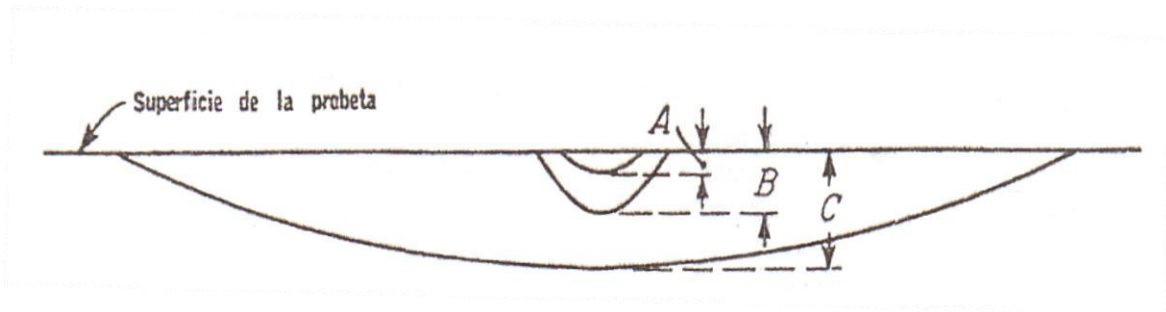


Fig. 1.6 Impresiones Comparativas

Davis, Troxell, Ensaye e inspección de los materiales, cap 7, pág. 257

Impresiones comparativas en acero :

- (A) Rockwell Superficial, cono de diamante N, carga de 30 kilogramos
- (B) Rockwell Comun, cono de diamante C, carga de 150 kilogramos
- (C) Brinell, bola de 10 milímetros, carga de 3000 kilogramos

CAPÍTULO II

ANÁLISIS PARA IMPLEMENTACION DE UN DUROMETRO PORTATIL

En este capítulo se procederá a elegir el tipo de equipo, que posea las mejores prestaciones y que nos permita determinar la dureza brinell, vickers y rockwell en las escalas más utilizadas.

2.1 Parámetros para la selección

El principal parámetro que se tomara en cuenta para la selección del equipo, es la utilidad que nos ofrezca cada alternativa.

A continuación se detalla los principales indicadores que serán considerados para la selección:

Utilidad.- Esta se determina por los tipos de ensayos y mediciones de dureza que se pueden realizar.

Precio.- En este parámetro se analizara la relación costo – beneficio de cada una de las opciones.

Versatilidad.- Se determinara las capacidades con que cuenta el equipo para adaptarse a otras aplicaciones.

Durabilidad.- En este indicador se analizara el tiempo de vida útil del equipo. En especial los elementos ó partes sometidas a desgaste.

Maniobrabilidad.- Esto se refiere a la facilidad de los equipos para ser operados o realización de los ensayos y mediciones en lugares de difícil acceso.

Sofisticación.- Se refiere a la complejidad, perfeccionamiento e innovación que poseen los equipos.

Mantenimiento.- Se toma en cuenta el conjunto de acciones necesarias para que el equipo se conserve en óptimas condiciones y la complejidad de dichas acciones.

En seguida se presentan tres alternativas y se realizara el correspondiente análisis y valoración para así determinar que opción es la más viable para nuestro proyecto.

2.2 ALTERNATIVA I

2.2.1 Durómetro portátil

2.2.2 Esquema:

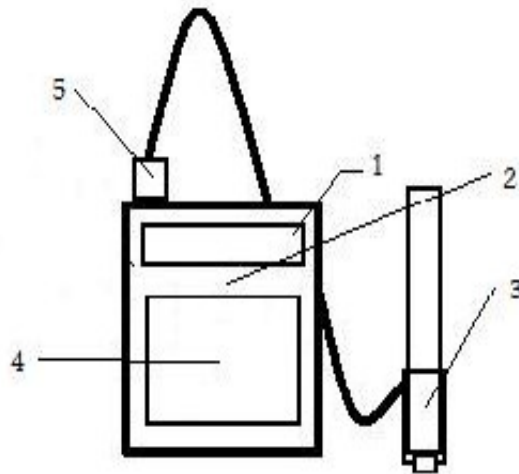


Figura 2.1 Esquema Durómetro Portátil

Autores de Tesis

2.2.3 Elementos:

- 1.- Pantalla LCD
- 2.- Carcasa
- 3.- Cuerpo de impacto (punta de prueba)
- 4.- Controles

2.2.4 Funcionamiento:

El funcionamiento del durómetro portátil tiene como fundamento una prueba dinámica de dureza. Un cuerpo de impacto el cual posee una punta de prueba de metal duro es propulsado contra la superficie del material al que vamos a analizar, la unidad de control realiza los cálculos respectivos y nos presenta el resultado en la pantalla, este resultado puede ser transformado a todas las escalas comunes de dureza.

2.2.5 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Maniobrabilidad.
- Capacidad para realizar ensayos en lugares de difícil acceso.
- Facilidad de transportar de un lugar a otro.
- Precisión en la medida.
- No posee piezas sometidas a fricción (bajo mantenimiento).
- Permite obtener números de dureza de forma inmediata.

Desventajas:

- Versatilidad
- Posee un rango en la escala de los diferentes tipos de dureza.

2.3 ALTERNATIVA II

2.3.1 Durómetro de banco

2.3.2 Esquema:

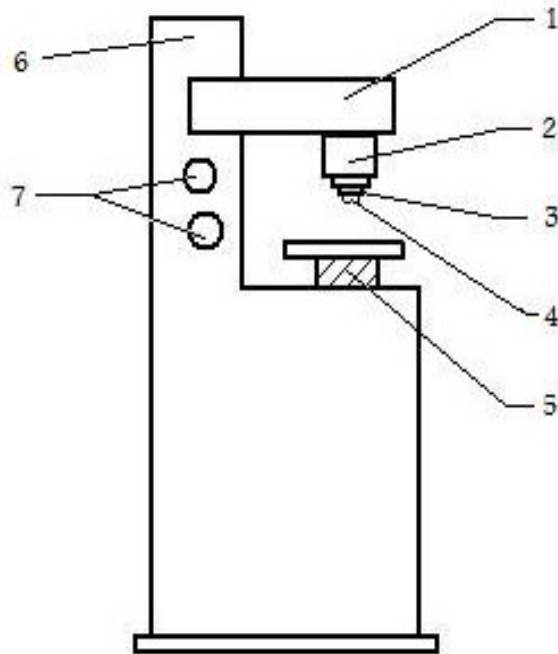


Figura 2.2 Esquema Durómetro de Banco

Autores de tesis

2.3.3 Elementos:

- 1.- Brazo de soporte
- 2.- Porta mandriles
- 3.- Mandril
- 4.- Indentador
- 5.- Mesa de soporte
- 6.- Cuerpo
- 7.- Manómetros

2.3.4 Funcionamiento:

La probeta o placa de prueba se coloca sobre la mesa de soporte, se regula la altura de la misma hasta que tope con el indentador que se utiliza dependiendo el ensayo, a continuación se aplica la carga deseada, durante el tiempo determinado de acuerdo al ensayo que se desea realizar, se retira el indentador y se procede a medir la huella.

2.3.5 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Apto para procesos didácticos.
- Facilidad para elaborar ensayos.
- Simplicidad para la medición de la huella.

Desventajas:

- Costo.
- Versatilidad.
- Dificultad para transportar de un lugar a otro.
- Complejidad en el mantenimiento.
- Dificultad para realizar ensayos en lugares de difícil acceso.
- No determina el número de dureza de forma inmediata

2.4 ALTERNATIVA III

2.4.1 Durómetro ultrasónico

2.4.2 Esquema:

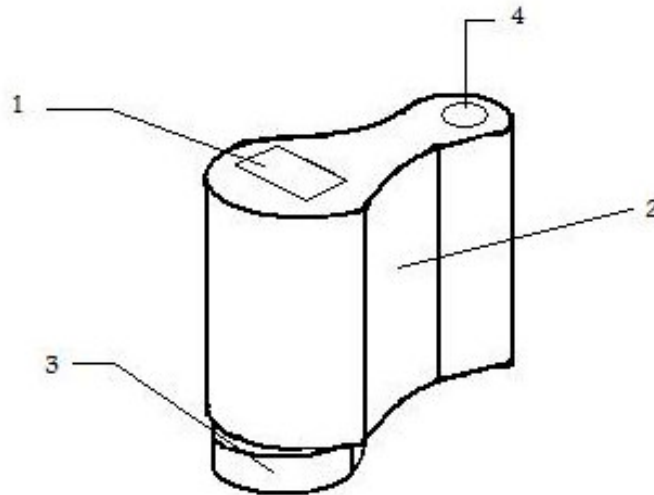


Figura 2.3 Esquema durómetro ultrasónico

Autores de tesis

2.4.3 Elementos:

- 1.- Pantalla LCD
- 2.- Carcasa
- 3.- Barra vibrante
- 4.- Botón encendido

2.4.4 Funcionamiento:

El funcionamiento del durómetro portátil ultrasónico se basa en la vibración de una barra que posee una punta tipo diamante de 136°, la cual es soltada desde el interior del durómetro con una carga ya definida; la diferencia de la vibración ultrasónica de la barra es determinada por el durómetro y nos presenta el resultado con un número de dureza.

2.4.5 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Capacidad para realizar ensayos en materiales muy delgados.
- Mínima complejidad para obtener números de dureza.
- Fácil de transportar de un lugar a otro.

Desventajas:

- Limitación para determinar otros tipos de dureza.
- Costo.
- No permite realizar ensayos en lugares de difícil acceso.

2.5 Valoración de alternativas

2.5.1 Escala de valores para la selección:

A continuación se detalla cada uno de los indicadores con su respectivo valor numérico y su equivalencia para de esta forma elaborar la tabla de ponderación y seleccionar la mejor alternativa para el desarrollo del proyecto.

Utilidad:

3: Muy útil

2: Poco utilizable

1: Uso restringido

Precio:

3: Costoso

2: Asequible

1: Barato

Versatilidad:

3: Muy versátil

2: Poco versátil

1: Invariable

Durabilidad:

3: Larga vida útil

2: Mediana vida útil

1: Efímero

Maniobrabilidad:

3: Complejo

2: Medianamente complejo

1: Fácil manejo

Sofisticación:

3: Alto

2: Poco

1: Nulo

Mantenimiento:

3: Constante

2: Repentino

1: Ninguno

Dichos valores numéricos serán multiplicados por valores de ponderación, los cuales serán definidos por la importancia que posea cada uno de los indicadores.

2.5.2 Ponderación de alternativas:

Tabla 2.1 Ponderación

PARAMETROS	FACTORES DE PONDERACION	ALTERNATIVA I		ALTERNATIVA II		ALTERNATIVA III	
		CALIFICACION	PONDERADO	CALIFICACION	PONDERADO	CALIFICACION	PONDERADO
Utilidad	0.20	3	0.6	1	0.2	2	0.4
Precio	0.15	2	0.3	3	0.45	2	0.3
Versatilidad	0.10	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Durabilidad	0.20	3	0.6	2	0.4	3	0.6
Maniobrabilidad	0.10	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Sofisticación	0.10	3	0.3	1	0.1	3	0.3
Mantenimiento	0.15	2	0.3	3	0.45	2	0.3
TOTAL	1.00		2.6		2		2.3

Autores de tesis

2.6 Conclusión de la evaluación

Luego de haber realizado el análisis respectivo concluimos que el durómetro portátil (alternativa I) es la herramienta más adecuada para el desarrollo de este proyecto por su utilidad, versatilidad, durabilidad y sofisticación.

CAPITULO III

IMPLEMENTACION Y CONTROL TECNICO CIENTIFICO

En este capítulo se enunciará las características del equipo seleccionado y se procederá a realizar ensayos de control técnico científico, demostrando que obtenida la dureza del material se puede determinar la superficie de indentación que debería presentar dicho material.

3.1 Principio de funcionamiento y características del equipo

El durómetro portátil nos permite realizar varios ensayos no destructivos y determinar la dureza de distintos tipos de materiales, y a su vez nos indica dicho valor en diferentes escalas de dureza tales como brinell, vickers y rockwell.

3.1.1 Principio de funcionamiento

El durómetro portátil funciona en base a el principio de la dureza leeb, El cual consiste en usar un cuerpo de impacto de peso y carga determinada contra la superficie de prueba, luego mediante un imán permanente integrado mide la velocidad de impacto y rebote respectivamente del cuerpo de impacto, cuando la esfera esta ubicada a un milímetro sobre la superficie de prueba.

$$HL = 1000 \times \frac{Vb}{Va}$$

Donde:

HL= Dureza Leeb

Vb= Velocidad de rebote del cuerpo de impacto

Va= Velocidad de impacto del cuerpo de impacto

3.1.2 Características del equipo

- Precisión: + / - 0,5% (referido a L = 800, precisión de repetición: + / - 4L unidades) L = Leeb
- Rango de medición: 200-960 HL
- Materiales: acero inoxidable y fundición, aleación de acero para herramientas, acero inoxidable, fundición gris, hierro esferoidal, fundición de aluminio, latón, aleación de bronce, cobre forjado.
- Tipo de batería: alcalinas AA (4)
- Temperatura de funcionamiento: -15 a 40 °C (5 a 104 °F)
- Dimensiones: 150 x 74 x 32 mm
- Peso: 245 gramos
- Conversión automática a: Brinell, Rockwell B y C, Vicker y Shore
- Valor medio automático, así como valores mínimo y máximo
- Indicador de batería
- Capacidad de memoria (100 grupos)

3.2 Control técnico científico

En este apartado del capítulo III mediante la utilización del durómetro portátil se obtendrá valores de dureza de tres diferentes tipos de aceros, estos valores aplicados a las formulas del capitulo I, permite determinar de manera teórica diámetros, profundidades y superficies las cuales se deben presentar en las probetas de ensayo en caso de realizar pruebas practicas, de esta manera se logra combinar el ensayo simplificado (durómetro portátil) con la parte teórica de un ensayo practico.



Fig. 3.1 Material Ensayo #1

Autores de Tesis



Fig.3.2 Material Ensayo #2

Autores de Tesis



Fig. 3.3 Material Ensayo #3

Autores de Tesis

3.2.1 Dureza brinell

Se realizaron pruebas con el durómetro portátil en tres diferentes tipos de acero y se obtuvo los siguientes números de dureza: 140HB, 170HB y 200HB.



Fig. 3.4 Promedio #1 de Dureza Brinell

Autores de Tesis



Fig. 3.5 Promedio #2 de Dureza Brinell

Fuente: Autores de Tesis



Fig. 3.6 Promedio #3 de Dureza Brinell

Autores de Tesis

Con estos valores se puede determinar la superficie de indentación y el diámetro de la huella que debería resultar al realizar un ensayo en un durómetro de banco, de la siguiente manera:

Superficie de indentación: Para determinar la superficie de indentación se utiliza la fórmula 1.1 (cap. I). Los valores para “P” obtenemos de la tabla 1.1 (cap. I) la cual establece una normalización de la carga dependiendo del rango de dureza.

$$\bullet \quad HB = \frac{P}{S}$$

$$140 = \frac{500}{S}$$

$$S = \frac{500}{140}$$

$$S = 3,57 \text{ mm}^2$$

$$\bullet \quad HB = \frac{P}{S}$$

$$170 = \frac{1500}{S}$$

$$S = \frac{1500}{170}$$

$$S = 8,82 \text{ mm}^2$$

- $HB = \frac{P}{S}$

$$200 = \frac{3000}{S}$$

$$S = \frac{3000}{200}$$

$$S = 15 \text{ mm}^2$$

Diámetro de la huella: Para determinar el diámetro de la huella se utiliza la formula 1.7 (cap. I)

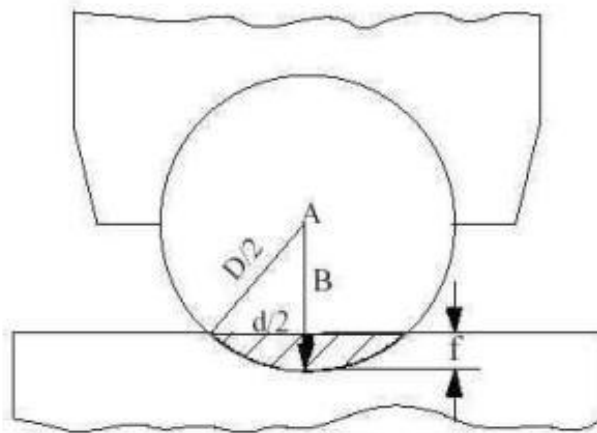


Fig. 3.7 Ensayo Brinell

Moore,kibbey, Materiales y procesos de fabricación

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

Donde: $C = \sqrt{D^2 - d^2}$

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - C)}$$

$$[\pi D (D - C)] HB = 2P$$

$$(\pi D^2 - \pi D C) HB = 2P$$

$$\pi D^2 HB - \pi D C HB = 2P$$

$$\pi D C HB = \pi D^2 HB - 2P$$

$$C = \frac{\pi D^2 HB - 2P}{\pi D HB}$$

Para obtener el valor de C, se reemplaza los valores diámetro del indentador (D) = 10mm, dureza brinell (HB) = 140 y la carga (P) = 500 kg.

$$C = \frac{\pi \times 10^2 \times 140 - (2 \times 500)}{\pi \times 10 \times 140}$$

$$\bullet C = 9,77$$

$$9,77 = \sqrt{D^2 - d^2}$$

$$D^2 - d^2 = 95,5$$

$$d^2 = 100 - 95,5$$

$$d = 2,12 \text{ mm}$$

$$C = \frac{\pi D^2 HB - 2P}{\pi D HB}$$

$$C = \frac{\pi \times 10^2 \times 170 - (2 \times 1500)}{\pi \times 10 \times 170}$$

$$\bullet C = 9,44$$

$$9,44 = \sqrt{D^2 - d^2}$$

$$D^2 - d^2 = 89,11$$

$$d^2 = 100 - 89,11$$

$$d = 3,3 \text{ mm}$$

$$C = \frac{\pi D^2 HB - 2P}{\pi D HB}$$

$$C = \frac{\pi \times 10^2 \times 200 - (2 \times 3000)}{\pi \times 10 \times 200}$$

$$\bullet C = 9,05$$

$$9,05 = \sqrt{D^2 - d^2}$$

$$D^2 - d^2 = 81,9$$

$$d^2 = 100 - 81,9$$

$$d = 4,26 \text{ mm}$$

Tabla. 3.1 Resultados del Ensayo Brinell

DUREZA BRINELL			
CARGA (Kg)	500	1500	3000
NUMERO DE DUREZA	140	170	200
SUPERFICIE INDENTADA (mm²)	3.57	8.82	15.00
DIAMETRO DE LA HUELLA (mm)	2.12	3.3	4.26

Autores de Tesis

3.2.2 Dureza vickers

Para la comprobación científico técnica de este ensayo se utiliza los valores obtenidos en el durómetro portátil, los cuales son casi idénticos a los números de dureza brinell en un rango bajo de dureza pero se separan conforme esta aumenta.



Fig. 3.8 Promedio de Dureza Vickers

Autores de Tesis

Superficie de indentacion: Para determinar la superficie de indentacion se utiliza la formula 2.1 (cap. I).

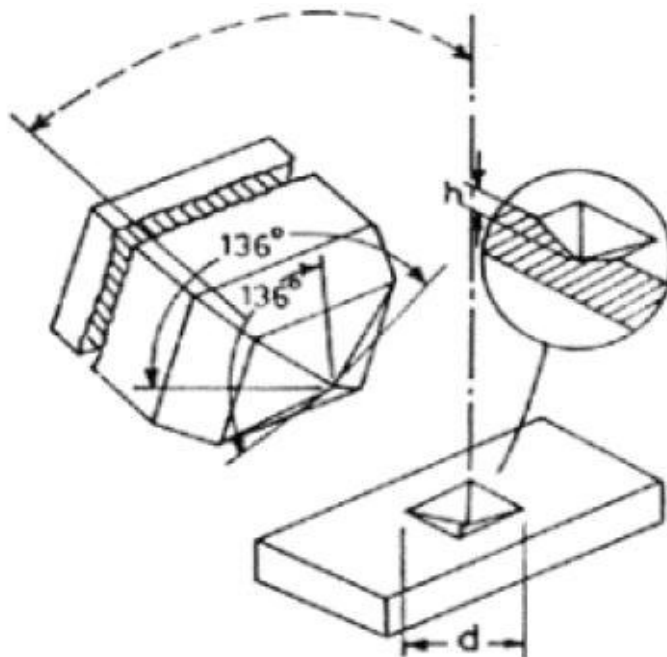


Fig. 3.9 Ensayo Vickers

Moore,kibbey, Materiales y procesos de fabricaci3n

- $HV = \frac{F}{S}$

$$200 = \frac{35}{S}$$

$$S = 0,175 \text{ mm}^2$$

- $HV = \frac{F}{S}$

$$200 = \frac{65}{S}$$

$$S = 0,325 \text{ mm}^2$$

- $HV = \frac{F}{S}$

$$200 = \frac{95}{S}$$

$$S = 0,475 \text{ mm}^2$$

Diagonal de la huella: Para obtener la diagonal de la pirámide que se forma en el material (segmento AMD) se utiliza la formula 2.7 (cap. I)

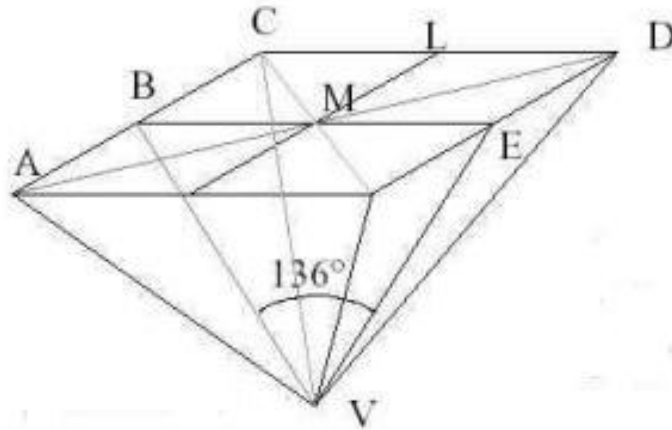


Fig. 3.10 Diagonal de la Huella (AMD)

Moore, Kibbey, Materiales y procesos de fabricación

- $HV = 1,8543 \frac{F}{d^2}$

$$200 = 1,8543 \frac{35}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{1,8543 \times 35}{200}$$

$$d^2 = 0,32$$

$$d = \sqrt{0,32}$$

$$d = 0,57 \text{ mm}$$

- $HV = 1,8543 \frac{F}{d^2}$

$$200 = 1,8543 \frac{65}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{1,8543 \times 65}{200}$$

$$d^2 = 0,6$$

$$d = \sqrt{0,6}$$

$$d = 0,77 \text{ mm}$$

- $HV = 1,8543 \frac{F}{d^2}$

$$200 = 1,8543 \frac{95}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{1,8543 \times 95}{200}$$

$$d^2 = 0,88$$

$$d = \sqrt{0,88}$$

$$d = 0,94 \text{ mm}$$

Tabla. 3.2 Resultados del Ensayo Vickers

DUREZA VICKERS			
CARGA (Kg)	35	65	95
NUMERO DE DUREZA	200	200	200
SUPERFICIE INDENTADA (mm²)	0.18	0.33	0.48
DIAGONAL DE LA HUELLA (mm)	0.57	0.77	0.94

Autores de Tesis

3.2.3 Dureza rockwell

Para determinar la profundidad de la huella de forma teórica se utiliza los valores obtenidos en el durómetro portátil el cual presento los siguientes resultados en la escala "B" de dureza rockwell.



Fig. 3.11 Promedio #1 de Dureza Rockwell

Autores de Tesis



Fig. 3.12 Promedio #2 de Dureza Rockwell

Autores de Tesis



Fig. 3.13 Promedio #3 de Dureza Vickers

Autores de Tesis

Profundidad de la huella: Para obtener la profundidad de la huella se toma en cuenta la escala de dureza rockwell que presenta el durómetro portátil, una vez conocida la escala se determina el indentador que debería ser utilizado en el ensayo practico y así se selecciona la fórmula adecuada para el cálculo.

A continuación el durómetro presenta el número en la escala “B” de dureza rockwell, entonces se determina la utilización de un indentador de bola de 1/16” (ver tabla 1.3) por lo tanto para el cálculo de la profundidad de la huella (“t”) se utiliza la formula 3.2 (cap. I).

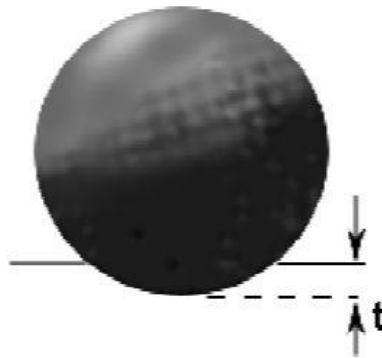


Fig. 3.14 Ensayo Rockwell

Moore,kibbey, Materiales y procesos de fabricación

$$\bullet H_{RB} = 130 - 500 t$$

$$83,5 = 130 - 500 t$$

$$500 t = 130 - 83,5$$

$$500 t = 46,5$$

$$t = \frac{46,5}{500}$$

$$t = 0,093 \text{ mm}$$

- $H_{RB} = 130 - 500 t$

$$86,6 = 130 - 500 t$$

$$500 t = 130 - 86,6$$

$$500 t = 43,4$$

$$t = \frac{43,4}{500}$$

$$t = 0,086 \text{ mm}$$

- $H_{RB} = 130 - 500 t$

$$92,8 = 130 - 500 t$$

$$500 t = 130 - 92,8$$

$$500 t = 37,2$$

$$t = \frac{37,2}{500}$$

$$t = 0,074 \text{ mm}$$

Tabla 3.3 Resultados del Ensayo Rockwell

DUREZA ROCKWELL B			
CARGA (Kg)	100	100	100
NUMERO DE DUREZA	83,5	86,6	92,8
PROFUNDIDAD DE LA HUELLA (mm)	0.093	0,086	0,074

Autores de Tesis

CAPITULO IV

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Este capítulo describe las características principales del durómetro portátil PHT1800 y su correcta forma de uso.

4.1 Estructura del equipo y principio de prueba

4.1.1 Estructura del Equipo

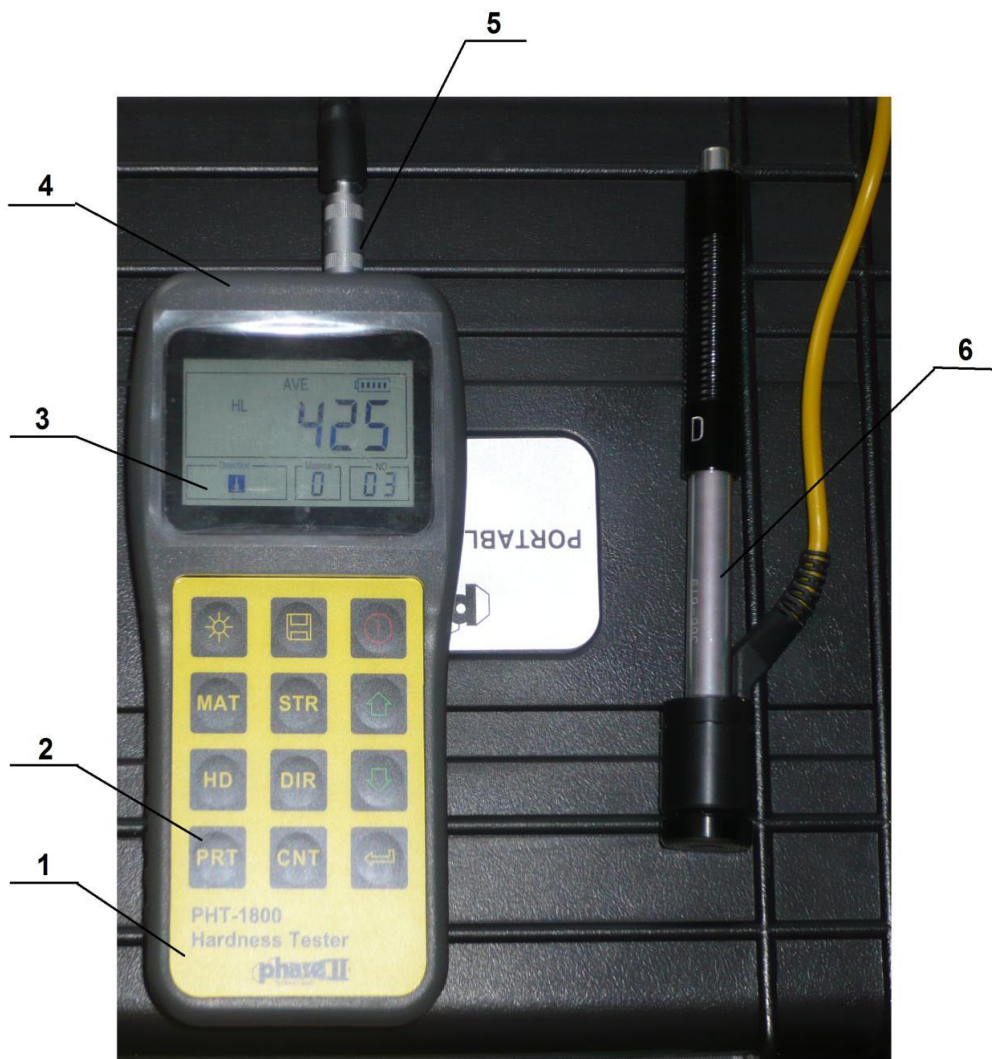


Fig. 4.1 Durómetro Portátil (Frontal)

Autores de tesis



Fig. 4.2 Durómetro Portátil (Posterior)

Autores de tesis

1. Unidad principal
2. Teclado
3. Pantalla LCD
4. Puerto USB
5. Puerto del dispositivo de impacto
6. Dispositivo de impacto
7. Denominación
8. Cobertor de baterías

4.1.1.1 Dispositivo de impacto (Tipo D)

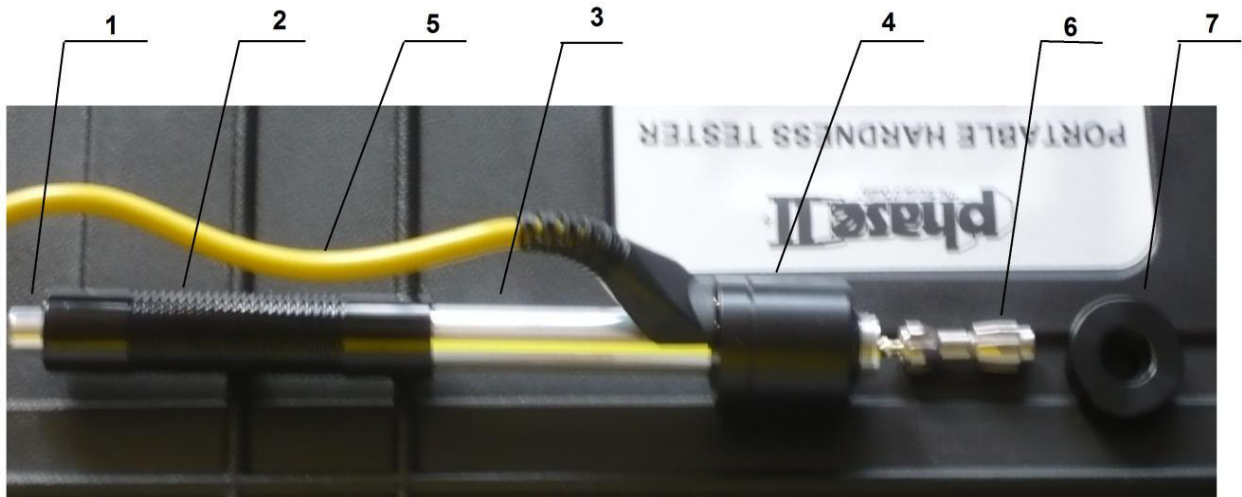


Fig. 4.3 Dispositivo de Impacto

Autores de tesis

1. Botón de liberación
2. Tubo de carga
3. Tubo de guía
4. Bobina
5. Cable de conexión
6. Cuerpo de impacto
7. Anillo de soporte

4.1.2 Pantalla principal

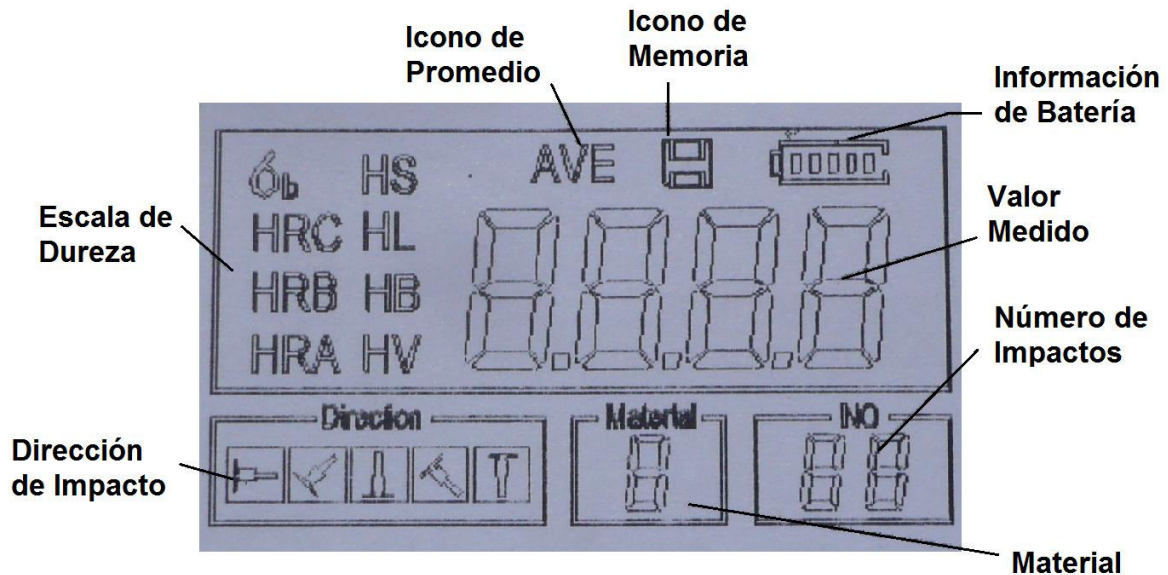


Fig. 4.4 Pantalla Principal

Autores de tesis

Disposición de la pantalla principal

Material: El material seleccionado

Dirección de impacto: Dirección de impacto seleccionada

Escala de dureza: Escala de dureza de los valores actuales medidos.

Información de batería: Muestra la capacidad de operación de batería

Valor medido: En la pantalla se muestra el valor actual de una sola medición (Sin el icono de promedio), o el valor de medición (con el icono de aplicación de promedio).

“-HI-” significa que esta sobre el valor de conversión o rango de medida.

“-LO-” significa que está bajo el valor de conversión o rango de medida.

Número de Impactos: Veces que el material de prueba ha sido impactado.

Icono de promedio: Esto aparecerá para mostrar el valor promedio de las mediciones luego de alcanzar los impactos predeterminados.

Icono de memoria: Esto aparecerá cuando se esté utilizando las opciones de memoria.

4.1.3 Teclado

Tabla 4.1 Simbología y Función del Teclado

	Guardar Datos o Borrar Datos.		Apago y encendido de luz de fondo.
	Encendido o Apagado del Instrumento.		Cambio de Dirección del Impacto.
	Arriba o Más.		Selección de Material.
	Abajo o Menos.		Cantidad de Impactos.
	Registro de Datos o Enter.		Selección de Escala de Dureza.
	Dureza / Resistencia		Impresión de Datos.

Autores de tesis

4.1.4 Principio de prueba (Dureza Leeb)

El durómetro portátil funciona en base a el principio de la dureza leeb, El cual consiste en usar un cuerpo de impacto de peso y carga determinada contra la superficie de prueba, luego mediante un imán permanente integrado mide la velocidad de impacto y rebote respectivamente del cuerpo de impacto, cuando la esfera está ubicada a un milímetro sobre la superficie de prueba.

$$HL = 1000 \times \frac{Vb}{Va}$$

Donde:

HL= Dureza Leeb

Vb= Velocidad de rebote del cuerpo de impacto

Va= Velocidad de impacto del cuerpo de impacto

4.2 Preparación

4.2.1 Preparación e inspección del instrumento

La verificación del instrumento se realiza mediante el uso de bloques estándar de prueba, el error y la repetitividad del valor mostrado debe estar dentro de la regulación, ver tabla 1 en anexos. El instrumento y el dispositivo de impacto deben ser calibrados usando un bloque estándar antes de usarlos por primera vez, o cuando no se los ha usado por algún tiempo o cuando se haya restablecido el sistema del instrumento.

Se presiona la tecla de encendido, junto con la tecla cargar datos o enter para prender el sistema. La pantalla de calibración del usuario se despliega como la siguiente ilustración.

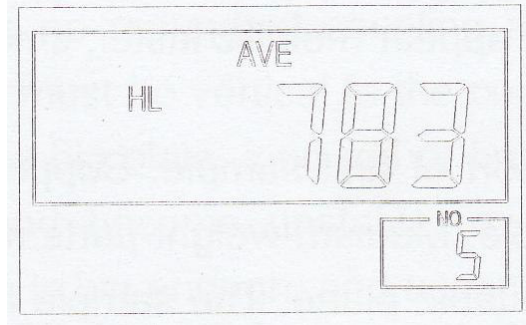


Fig. 4.5 Pantalla de Calibración

Autores de tesis

Prueba de cinco repeticiones sobre el bloque de calibración estándar. Se mostrara el valor promedio medido después de realizar las cinco mediciones o repeticiones. Se presiona la tecla subir o bajar para cambiar a su valor nominal.

Presiona la tecla cargar datos o enter para confirmar la calibración final. Rango de ajuste +/- 30 HL.

Los parámetros de medición, incluyendo el tipo de material, la escala de dureza y la dirección de impacto no puede ser cambiado durante la calibración.

4.2.2 Preparación de la superficie de prueba

- En la preparación de la superficie de prueba, el efecto de la dureza por haber sido o haber tenido algún tipo de proceso de calentamiento o enfriamiento sobre la superficie de prueba no debe ser tomado en cuenta.
- Una rugosidad muy alta de la superficie de prueba puede causar error, la superficie de prueba debe estar con el mejor acabado posible liso, pulido y sin marcas o manchas de aceite.
- Soporte de la muestra de prueba. No es necesario un soporte especial, la muestra o probeta de ensayo debe estar equilibrada sin tambalearse en un lugar que el ensayo no provoque vibración.

- Superficie curva. La mejor superficie de prueba es la plana. Cuando el radio R de la superficie curva es menor que 30 mm se debe cambiar el anillo de soporte. No se pueden realizar ensayos o mediciones con un R mayor de 30 mm.

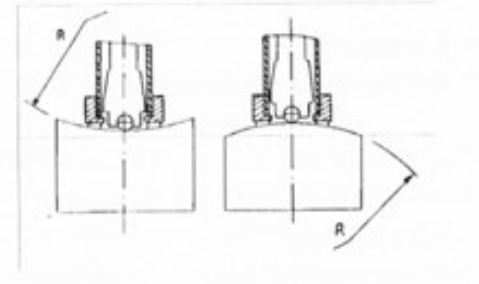


Fig. 4.6 Medición de Superficie Curva

Autores de tesis

- La muestra debe tener suficiente espesor, en este caso el mínimo es 5mm.
- El magnetismo de la muestra no debe ser tomado en cuenta.

4.3 Programa de pruebas

4.3.1 Encendido

Primero se inserta el dispositivo de impacto en su respectivo socket en la unidad principal, se presiona la tecla de encendido para poner el instrumento en modo de trabajo.

4.3.2 Carga

Presionando el tubo de carga hacia abajo hasta que el contacto se hace sentir y se queda trabado. Luego se deja que regrese lentamente a la posición inicial.



Fig. 4.7 Carga del Dispositivo

Autores de tesis

4.3.3 Ubicación

Se presiona el anillo de soporte del dispositivo de impacto apoyando firmemente en la superficie de la muestra. La dirección de impacto debe ser vertical a la superficie de prueba.



Fig. 4.8 Colocación del Dispositivo

Autores de tesis

4.3.4 Ensayo

- Presionar el botón de liberación que está ubicado en la parte superior del dispositivo de impacto para realizar el ensayo. La muestra, el dispositivo de impacto y de igual forma el operador deben mantenerse fijos. La dirección de la acción debe pasar el eje del dispositivo de impacto.
- Cada área de medida de la muestra usualmente necesita de 3 a 5 pruebas. La dispersión de datos resultante no debe variar +/- **15HL**.
- La distancia del centro de puntos de impacto no debe ser menos de 3 mm.
- La distancia desde el centro de punto de impacto hacia el borde de la muestra no debe ser menos de 5 mm.



Fig. 4.9 Liberación

Autores de tesis

4.3.5 Lectura del valor medido

Luego de cada operación de impacto, la pantalla mostrara el valor actual medido, las veces de impacto mas una, un timbre alertara si el valor medido no está dentro del

rango valido, Cuando ya se esté alcanzando las veces de impacto predeterminadas el timbre alertara de esto, seguido de una nueva alerta y mostrando el valor promedio de el grupo de mediciones.

4.3.6 Aviso

- La reposición o cambio del dispositivo de impacto debe realizarse cuando el equipo se encuentre apagado, de otra forma el cuerpo principal podría no identificar el tipo de dispositivo de impacto y esto puede dañar la placa de circuitos de el cuerpo principal.
- No se puede guardar el valor medido si las veces de impacto son menores a las preestablecidas.
- No se puede cambiar la escala de dureza entre materiales, cada vez que se cambie el material la escala de dureza se cambiara automáticamente a la dureza leeb, tiene que seleccionarse primero el material antes de cambiar la escala de dureza.

4.4 Detalle de funcionamiento

4.4.1 Encendido/Apagado

Pulse el botón de encendido para encender el instrumento. Asegúrese de conectar el dispositivo de impacto antes de encenderlo. El sistema automáticamente detecta el tipo de dispositivo de impacto y muestra esta información en la pantalla. Los usuarios deben prestar atención al tipo de sonda en la pantalla. Después de una pausa de varios segundos, la pantalla saldrá y entrara a la pantalla principal de la siguiente manera.

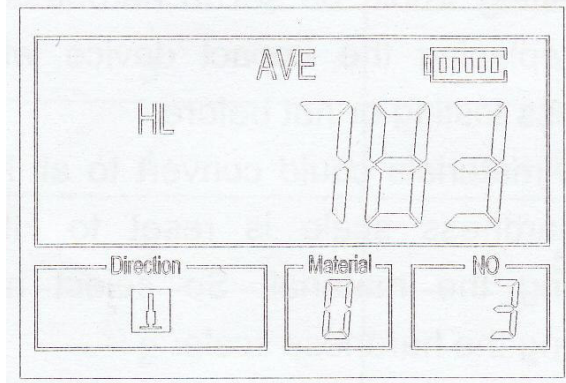


Fig. 4.10 Encendido

Autores de tesis

El instrumento se puede apagar o desactivar pulsando el botón de apagado durante el trabajo. La herramienta tiene una memoria especial que conserva todos sus valores, incluso cuando el equipo está apagado.

4.4.2 Selección de material

Presiona la Tecla de selección de material para cambiar el material a el que se desee y que están preestablecidos. La escala de dureza se cambia de forma automática a HL luego de escoger el material. Hay que seleccionar el material en primer lugar, luego la escala de dureza.

En el ensayo de dureza se puede seleccionar el material entre los siguientes

: acero y acero de fundición, acero de herramientas trabajado en frio, acero inoxidable, fundición de hierro gris, hierro de fundición nodular, aleaciones de fundición de aluminio, aleaciones de cobre-zinc, aleaciones de aluminio-cobre, cobre y acero forjado. La relación entre el número de material que aparece en la pantalla y el material se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Tabla para Selección de Material (Dureza)

MATERIAL No	MATERIAL
0	Acero y acero de fundición
1	Acero de herramientas trabajado en frío
2	Acero inoxidable
3	Fundición de hierro gris
4	Hierro de fundición nodular
5	Aleaciones de fundición de aluminio
6	Aleación cobre – zinc
7	Aleación cobre - aluminio
8	Cobre forjado
9	Acero forjado

Autores de tesis

En las pruebas de resistencia, se pueden seleccionar los siguientes materiales: acero dulce o acero al carbono, acero de alto carbono, acero Cr, acero Cr-V , acero Cr-Ni, acero Cr-Mo, acero Cr-Ni-Mo, acero Cr-Mn-Si, acero de alta resistencia y acero inoxidable. La relación entre el número de material que aparece en la pantalla del instrumento y el material se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.3 Tabla para Selección de Material (Resistencia)

MATERIAL No	MATERIAL
0	Acero al carbono
1	Acero de alto carbono
2	Acero (Cr)
3	Acero (Cr - V)
4	Acero (Cr - Ni)
5	Acero (Cr - Mo)
6	Acero (Cr - Ni - Mo)
7	Acero (Cr - Mn - Si)
8	Acero de alta resistencia
9	Acero inoxidable

Autores de tesis

4.4.3 Resistencia/Dureza

Presione la tecla STR (dureza/resistencia) para cambiar entre pruebas de dureza y pruebas de resistencia.

En el ensayo o prueba de dureza se presiona la tecla HD para cambiar la escala de dureza las cuales son: HL, HV, HB, HRC, HS, HRB Y HRA.

4.4.4 Configuración de la dirección de impacto

La tecla DIR al ser presionada configura la dirección de impacto en el ensayo.

4.4.5 Ajuste de el número de impactos

Se puede modificar el número de impactos en el rango de 1 a 32 veces de la siguiente forma:

1. Pulse la tecla CNT cuando el instrumento esta en modo de trabajo, el icono de promedio empezara a titilar.
2. Con el uso de las teclas flecha se obtiene el número de veces que el promedio se ejecutara
3. Se presiona de nuevo CNT para finalmente terminar la operación.

4.4.6 Registro de datos

Se pueden almacenar cien archivos (F00-F99 cada grupo como un archivo), simplemente pulsando la tecla guardar datos, luego de cada medición o ensayo cuando en la pantalla se muestre el icono de promedio. El valor o grupo de valores serán guardados en la memoria. El nuevo archivo guardado se añade como el último archivo

de la memoria. Esta opción provee al usuario la capacidad de ver o eliminar archivos guardados previos.

4.4.6.1 Visualización de archivos almacenados

Para ver los datos de la memoria se sigue los siguientes pasos:

1. Presiona la tecla de registro de datos para activar la función de registro de datos, el icono de memoria aparecerá. Se mostrara el nombre del archivo actual y el parámetro de análisis de los datos del grupo y el valor medio del grupo. Si no hay datos en la memoria, se mostrará: <E04>. Luego regresara a la pantalla principal.
2. Usando las teclas de dirección flecha arriba o abajo se selecciona el archivo que se desea visualizar.
3. Con el uso de la tecla registro de datos se puede visualizar los datos y detalles del archivo
4. Con las teclas de dirección se visualiza cada valor medido guardado en el archivo con sus detalles
5. Se presiona la tecla CNT para retornar a la pantalla previa en cualquier momento durante el registro de datos.

4.4.6.2 Borrar archivo o grupo

El usuario puede requerir la eliminación de un archivo desde la memoria del instrumento. El procedimiento se describe en los siguientes pasos:

1. Presiona la tecla registro de datos para activar la función de registro de datos, el icono de memoria aparecerá en la pantalla, se mostrara el nombre del archivo actual.
2. Con el uso de las teclas de dirección flecha arriba o abajo se desplaza hacia el archivo que será eliminado.
3. Presione la tecla guardar o borrar datos en el archivo deseado, automáticamente se borrara el archivo y se mostrara en la pantalla “-DEL-”

4. Puede presionar en cualquier momento la tecla CNT para salir de el registro de datos hacia la pantalla principal.

4.4.7 Restablecimiento del sistema

Presionar la tecla de selección de escala de dureza HD mientras el instrumento se está encendiendo restablecerá los valores de fábrica. La única vez que esto posiblemente es útil solo si el parámetro en el aparato o durómetro portátil se ha dañado de alguna manera.

4.4.8 Luz de fondo

La luz de fondo sirve para trabajar en condiciones donde la luz natural no es suficiente, se presiona la tecla de luz de fondo para prender o apagar la misma, la luz de fondo consume mucha energía enciéndose solo cuando sea necesario.

4.4.9 Apagado automático

Una característica del instrumento es el apagado automático el cual esta diseñado para conservar la carga de la batería. Si el instrumento esta inactivo por más de cinco minutos, se apagara automáticamente, antes de apagarse la pantalla se pondrá intermitente por veinte segundos. Para detener la acción de apagado automático se debe presionar la tecla de encendido, la pantalla dejara su modo intermitente.

Cuando el voltaje de la batería es muy bajo se mostrara en la pantalla <E00> luego se apagara automáticamente.

4.4.10 Referencia de códigos de error

A continuación los códigos de error y su descripción.

Tabla 4.4 Códigos de Error y Causas

CODIGO DE ERROR	CAUSA
E00	Batería agotada
E01	Valor fuera de rango
E02	Medición incompleta
E03	Datos ya guardados
E04	Sin datos de memoria
E05	No se puede imprimir

Autores de tesis

CONCLUSIONES

1.- Se comprobó de forma práctica mediante el uso del durómetro portátil la dureza superficial de probetas de ensayo, logrando determinar su número de dureza propio y posteriormente mediante el uso de las formulas se comprobó la dimensión de la huella o indentacion que debería mostrar el material. Este proceso queda establecido para obtener la dimensión de la indentacion a partir del número de dureza en cualquier tipo de material.

2.- Se estableció el concepto de dureza como la resistencia de un material a ser penetrado, la esencia de los ensayos de dureza es ejercer una carga determinada con un indentador sobre un material, el cual al ser sometido a dicha carga presentara una deformación causada por el indentador en la superficie, esta deformación es dimensionada y los valores obtenidos son aplicados en formulas diseñadas para obtener como resultado la dureza de dicho material.

3.- Los ensayos usados con más frecuencia para determinar la dureza de un material son tres. Brinell, vickers y rockwell, cada unos de estos posee características propias.

Cada uno de estos ensayos se basa en un mismo procedimiento de ejercer una carga sobre el material con un indentador, la variante la encontramos en el indentador y la carga que se va a usar para cada tipo de ensayo. Por ejemplo: En el ensayo brinell utilizamos un indentador en forma de una esfera, de acero, con un diámetro de 10mm y una carga dependiendo la composición y la dureza propia del material; En el ensayo vickers se utiliza un indentador de diamante en forma de pirámide con base cuadrangular bajo una carga indicada que puede variar en incrementos de 5 kilogramos, el indentador al ser más resistente permite superar las adversidades y deformaciones que se presentan con el indentador brinell; En el ensayo rockwell se define como una mezcla de los dos anteriores ya que dependiendo de la escala en la que deseamos obtener el resultado determinaremos el indentador y la carga a utilizar ya sea una esfera de acero o un cono de diamante con punta redondeada.

4.- El durómetro portátil está constituido por la unidad principal y el dispositivo de impacto, dentro de este dispositivo encontramos un cuerpo de impacto con una punta de prueba de metal duro, este es propulsado contra la superficie de prueba, la unidad principal mide la velocidad de impacto y de rebote, elabora los cálculos respectivos y nos presenta en la pantalla el resultado, este resultado puede ser transformado a los diferentes tipos de dureza.

5.- Se elaboro un modelo matemático el cual nos permite determinar las dimensiones que encontraríamos en la huella dejada en el material en caso de realizar un ensayo en un durómetro de banco; todo esto en base al número de dureza que nos presente el durómetro portátil.

6.- Como una forma de brindar soporte a las personas que utilicen el durómetro portátil Phase II se elaboro un manual de funcionamiento, dentro de este manual se explica las características del equipo, la función de cada una de sus partes, la forma correcta de realizar el programa de prueba y cada uno de los detalles para la correcta utilización del equipo.

RECOMENDACIONES

- 1.- Mantener alejado de vibraciones, campos magnéticos fuertes, medios corrosivos, polvo y basura, manteniéndolo almacenado en un lugar con temperatura normal.
- 2.- Implementar un laboratorio de dureza dentro de la facultad de Mecánica Automotriz y de esta manera ofrecer soporte a empresas del medio que tengan la necesidad de determinar la calidad del material con el cual desarrollan sus proyectos.
- 3.- Después de que el dispositivo de impacto se ha utilizado por 1500 veces, utilice el cepillo de nylon para limpiar el tubo guía y el cuerpo de impacto, primero retire el anillo de soporte, a continuación, sacar el cuerpo de impacto, introducir el cepillo de nylon en la parte inferior del tubo guía y girar en la dirección de las manecillas del reloj, repetir esta operación por 5 veces y luego instalar el cuerpo de impacto y el anillo de soporte.
- 4.- Liberar el cuerpo de impacto después de su uso.
- 5.- Esta absolutamente prohibido usar cualquier tipo de lubricante dentro del dispositivo de impacto.
- 6.- Al ser un instrumento de precisión se debe tener el mayor cuidado posible evitando maltratos hacia la unidad principal como el dispositivo de impacto, el cable de conexión es de vital importancia para el aparato en sí, se debe evitar la exagerada manipulación del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- AVNER, Sydney: Introducción a la metalurgia física, Editorial McGraw Hill, México, segunda edición, 1988, 695 pag.
- MALISHEV A; NIKOLAIEV G; SHUVALOV Y: Tecnología de los metales, editorial Mir, Rusia, séptima edición, 1985, 428 pag.
- AFANASIEV, A; MARIEN, V: Prácticas de Laboratorio sobre resistencia de Materiales, editorial Mir, Rusia, segunda edición, 1978, 325 pag.
- MOORE, Harry; KIBBEY, Donald: Materiales y procesos de fabricación, editorial Limusa, México, Tercera edición, 1987, 913 pag.
- DAVIS, Hamer; TROXELL, George; WISKOCIL, Clement: Ensaye e Inspección de los Materiales de Ingeniería, editorial Continental, México, tercera edición, 1982, 576 pag.
- KOZLOV, Yu, Ciencia de los Materiales, editorial Mir, Rusia, segunda edición, 1986, 166 pag.

ANEXOS

Anexo 1: Valores de Regulación del Instrumento

No	MATERIAL	HLD	FUERZA (Mpa)
1	Acero al carbono	350 ~ 522	374 ~ 780
2	Acero de alto carbono	500 ~ 710	737 ~ 1670
3	Acero (Cr)	500 ~ 730	707 ~ 1829
4	Acero (Cr - V)	500 ~ 750	704 ~ 1980
5	Acero (Cr - Ni)	500 ~ 750	763 ~ 2007
6	Acero (Cr - Mo)	500 ~ 738	721 ~ 1875
7	Acero (Cr - Ni - Mo)	500 ~ 738	844 ~ 1933
8	Acero (Cr - Mn - Si)	500 ~ 750	755 ~ 1933
9	Acero de alta resistencia	630 ~ 800	1180 ~ 2652
10	Acero inoxidable	500 ~ 710	703 ~ 1676

Catálogo de Productos Phase II

Anexo 2: Factores para Conversión de Dureza

EQUIVALENCIA	FACTOR
$HB \Leftrightarrow HV$	$HB \approx 0,95 HV$
$HRB \Leftrightarrow HB$	$HRB \approx 176 - \frac{1165}{\sqrt{HB}}$
$HRC \Leftrightarrow HV$	$HRC \approx 116 - \frac{1500}{\sqrt{HV}}$

Autores de Tesis

Anexo 3: Equivalencias entre Durezas

Dureza Rockwell C	Dureza Vickers	Dureza Brinell (Bola Estándar)	Dureza Brinell (Bola de Carburo)	Dureza Rockwell A	Dureza Rockwell D	Dureza Escleros copio
68	940	...	...	85,6	76,9	97,3
67	900	...	...	85,0	76,1	95,0
66	865	...	...	84,5	75,4	92,7
65	832	...	-739	83,9	74,5	90,6
64	800	...	-722	83,4	73,8	88,5
63	772	...	-705	82,8	73,0	86,5
62	746	...	-688	82,3	72,2	84,5
61	720	...	-670	81,8	71,5	82,6
60	697	...	-654	81,2	70,7	80,8
59	674	...	634	80,7	69,9	79,0
58	653	...	615	80,1	69,2	77,3
57	633	...	595	79,6	68,5	75,6
56	613	...	577	79,0	67,7	74,0
55	595	...	560	78,5	66,9	72,4
54	577	...	543	78,0	66,1	70,9
53	560	...	525	77,4	65,4	69,4
52	544	-500	512	76,8	64,6	67,9
51	528	-487	496	76,3	63,8	66,5
50	513	-475	481	75,9	63,1	65,1
49	498	-464	469	75,2	62,1	63,7
48	484	451	455	74,7	61,4	62,4
47	471	44	443	74,1	60,8	61,1
46	458	432	432	73,6	60,0	59,8
45	446	421	421	73,1	59,2	58,5
44	434	409	409	72,5	58,5	57,3
43	423	400	400	72,0	57,7	56,1
42	412	390	390	71,5	56,9	54,9
41	402	381	381	70,9	56,2	53,7
40	392	371	371	70,4	55,4	52,6
39	382	362	362	69,9	54,6	51,5
38	372	353	353	69,4	53,8	50,4
37	363	344	344	68,9	53,1	49,3
36	354	336	336	68,4	52,3	48,2
35	345	327	327	67,9	51,5	47,1
34	336	319	319	67,4	50,8	46,1
33	327	311	311	66,8	50,0	45,1

32	318	301	301	66,3	49,2	44,1
31	310	294	294	65,8	48,4	43,1
30	302	286	286	65,3	47,7	42,2
29	294	279	279	64,8	47,0	41,3
28	286	271	271	64,3	46,1	40,4
27	279	264	264	63,8	45,2	39,5
26	272	258	258	63,3	44,6	38,7
25	266	253	253	62,8	43,8	37,8
24	260	247	247	62,4	43,1	37,0
23	254	243	243	62,0	42,1	36,3
22	248	237	237	61,5	41,6	35,5
21	243	231	231	61,0	40,9	34,8
20	238	226	226	60,5	40,1	34,2

Autores de Tesis

Anexo 4: Rangos de Dureza para Materiales

MATERIAL	DUREZA LEEB	DUREZA BRINELL	DUREZA ROCKWEL L B	DUREZA ROCKW ELL C	DUREZA VICKERS
Acero Inoxidable	300 – 900	80 – 650	38,4 – 99,8	20 – 68	80 – 977
Acero de Herramientas	300 – 840	...	...	20,4 – 67	80 – 898
Acero de Molde	300 – 800	80 – 650	46,5 – 101	19,6 – 62	85 – 802
Hierro de Molde	360 – 660	93 – 345	...	...	...
Hierro de Molde Modular	400 – 660	131 – 387	...	...	...
Aleación de Aluminio	180 – 560	30 – 195	...	...	...
Latón	200 – 540	40 – 137	...	...	...
Bronce	300 – 700	60 – 290	...	...	...
Cobre	200 - 700	45 – 320	...	...	...

Autores de Tesis



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE MATERIALES

PRACTICA No. 1

PROFESOR:.....

TEMA: DUREZA SUPERFICIAL DE MATERIALES

1. OBEJETIVO GENERAL

Comprobar la dureza superficial, utilizando el durómetro portátil y determinar mediante el uso de las formulas la superficie y diámetro de la indentación.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comprobar y reforzar el conocimiento adquirido en el aula, de manera práctica mediante el uso del durómetro portátil.
-
-

3. MATERIALES

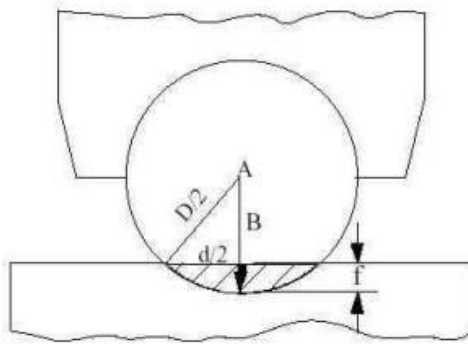
-
-
-
-

4. MARCO TEÓRICO

Dureza.- La definición general de dureza se puede decir que es la oposición o resistencia de un material a ser penetrado por otro; aún no se ha comprendido completamente la física fundamental de la dureza por lo que no existe una escala de medida universal que se ajuste a todos los tipos de materiales.

Ensayo Brinell.- Consiste en causar una indentación o impresión en el material que se prueba con una bola de acero endurecido, con carga definida calculando el cociente entre la carga y la superficie de la huella.

Figura:

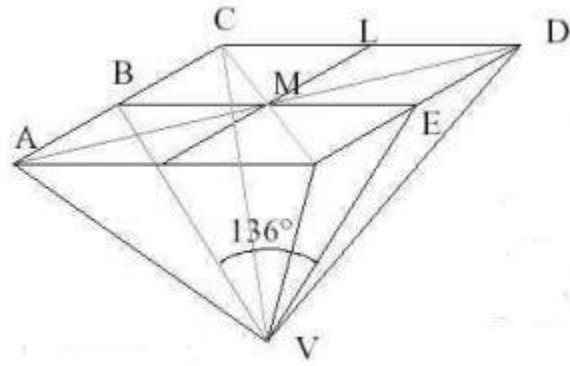


Formula:

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

Ensayo Vickers.- Consiste en realizar una indentación de la misma forma que en el ensayo Brinell pero en este caso se usa un penetrador de diamante formado como una pirámide de cuatro lados en la cual el ángulo entre las caras opuestas es de 136 grados, bajo una carga indicada.

Figura:

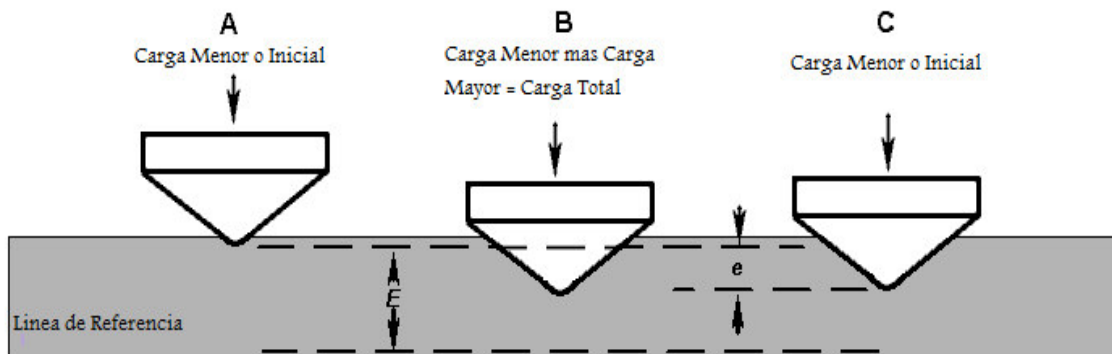


Formula:

$$HV = 1,8543 \frac{F}{d^2}$$

Ensayo Rockwell.- Consiste en causar una indentación o impresión en el material de ensayo, el número de dureza encontrado es una función del grado de penetración de la pieza de ensayo por la acción de un penetrador o indentador bajo una carga estática dada. El indentador o penetrador puede ser una bola de acero o un cono de diamante con una punta ligeramente redondeada.

Figura:



Formula:

$$H_{RA}, H_{RC}, H_{RD} = 100 - 500t$$

$$H_{RB}, H_{RF}, H_{RG}, H_{RE} = 130 - 500t$$

5. TOMA DE DATOS

TABLA DE RESULTADOS			
TIPO DE DUREZA	HB	HV	HR...
NUMERO DE DUREZA			
SUPERFICIE INDENTADA			X
DIAMETRO DE LA HUELLA		X	X
DIAGONAL DE LA HUELLA	X		X
PROFUNDIDAD DE LA HUELLA	X		

6. CUESTIONARIO

- Cómo se podría definir a un ensayo de dureza?

- _____

- En qué consiste el principio de dureza Leeb (HL)?

- _____

- Cuáles son los ensayos más utilizados para determinar la dureza de un material?

- _____

-
-

- Cuáles son las principales aplicaciones del durómetro portátil?

- _____

7. CONCLUSIONES

-
-
-

8. RECOMENDACIONES

-
-
-