



Norma ASTM A-956.- Método Estándar para Prueba de Dureza Equotip en Metales

1. Alcance

- 1.1 Este método de prueba contiene información sobre la determinación de la dureza Equotip en acero, acero forjado, y hierro forjado (Parte A), incluyendo los métodos de verificación de los durómetros Equotip (Parte B) y la calibración de los bloques de prueba estandarizados (Parte C).
- 1.2 Los valores establecidos en pulgada/libra constituyen el estándar de la norma ASTM. Los valores en sistema métrico decimal entre paréntesis son informativos únicamente.

2. Documentos de Referencia

2.1 Documentos ASTM

- E 117 Method for Spectrographic Analysis of Pig Lead by the Point to Plane Method
 E 140 Standard Hardness Conversion Tables for Metals
 E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

3. Terminología

- 3.1 Calibración-** Determinación de los valores de los parámetros significativos de operación de un instrumento por comparación con los valores indicados de un instrumento de referencia o por un juego de estándares de referencia.
- 3.2 Valor de dureza Equotip-** Un número igual a la relación entre la velocidad de rebote y la velocidad de impacto de un cuerpo de impacto con punta de carburo de tungsteno o diamante (dependiendo del tipo de dispositivo de impacto), multiplicado por 1000.

$$L = (\text{Velocidad de rebote} / \text{Velocidad de Impacto}) * 1000$$
 El valor de dureza Equotip va seguido por el símbolo HL con uno o más sufijos que representan el tipo de dispositivo de impacto.
- 3.3 Prueba de dureza Equotip-** Un método de prueba de dureza dinámico usando un instrumento calibrado que hace impactar un cuerpo de impacto con punta esférica de carburo o diamante con una velocidad fija (generada por un resorte de fuerza) sobre la superficie del material bajo prueba.
- 3.4 Durometro Equotip-** Nombre registrado del durómetro en que se basa esta norma, basado en el acrónimo para Energy QUOtient (EQUO).
- 3.5 Acabado superficial-** Todas las referencias para acabado superficial en este método son definidas como rugosidad superficial (Ra= promedio del valor de rugosidad, AA =promedio aritmético).
- 3.6 Verificación-** Chequeo o prueba del instrumento para asegurar que cumple con lo establecido en este documento.

4. Significado y uso

- 4.1 Dureza de un material** es un término pobremente definido, que puede tener muchos significados dependiendo del tipo de prueba desarrollada y de las expectativas de la persona que desarrolla dicha prueba. La prueba de dureza Equotip es de tipo dinámico o de rebote y depende primeramente de dos propiedades del material bajo prueba : las propiedades plásticas y las elásticas. Los resultados obtenidos son indicativos de la resistencia y dependen del tratamiento térmico del material bajo prueba.
- 4.2 La prueba de dureza Equotip** es únicamente una determinación superficial que mide la condición de la superficie en contacto. Los resultados generados en esa posición no son representativos de ningún otro lugar en la superficie y no proporciona información del material en la masa de la pieza.

A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INSTRUMENTO Y PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA LA DUREZA EQUOTIP.

5. Equipamiento

- 5.1 El instrumento utilizado para la prueba de dureza Equotip consta de (1) un dispositivo de impacto equipado de un cuerpo de impacto con punta de carburo de tungsteno o diamante sintético, una bobina inductora para medir la velocidad, un anillo de soporte, y (2) un dispositivo electrónico digital indicador de dureza.

5.2 Dispositivos de Impacto- Hay seis tipos de dispositivo de impacto que funcionan con el durometro Equotip. Son los modelos **D, DC, D+15, G, C,** y **E**. En el Apéndice X1 se muestra una breve descripción de los diferentes tipos de dispositivo de impacto y sus aplicaciones más comunes.

5.3 Resumen del método de Prueba- Durante la prueba de dureza, un cuerpo de impacto con punta esférica de carburo de tungsteno o diamante es impactado por un la fuerza de un resorte hacia una superficie en la que rebota. Las velocidades de impacto y rebote son medidas cuando el dispositivo de impacto se encuentra, aproximadamente, a 1mm de la superficie de prueba. Esto es realizado por medio de un imán permanente que se encuentra montado en el dispositivo de impacto el cual, durante la prueba, se mueve a través de la bobina dentro del dispositivo de impacto e induce un voltaje eléctrico en ambos movimientos, el impacto y el rebote. Estos voltajes inducidos son proporcionales a las respectivas velocidades, de impacto y de rebote. El cociente de esos valores de voltaje medidos que se derivan de las velocidades de impacto y de rebote, multiplicadas por el factor 1000, producen una cifra que constituye el valor de dureza Equotip.

6. Pieza de prueba

6.1 Forma – La prueba de dureza Equotip es aceptada para acero, acero forjado y hierro forjado de varias formas y tamaños.

6.2 Espesor y peso – El espesor y el peso de la pieza de prueba debe considerarse durante la selección del tipo de dispositivo de impacto que será usado. Las siguientes recomendaciones ofrecen el espesor y peso mínimos para la selección del dispositivo adecuado. Las piezas de prueba con un peso menor al mínimo o piezas de cualquier peso con espesor menor al mínimo requieren ser acopladas sobre una pieza rígida que sirva de soporte y que resista el impacto del dispositivo. Si no se provee el soporte adecuado a la pieza de prueba, los resultados de la prueba mostrarán un valor de dureza menor al real.

Dispositivo de Impacto	Peso mínimo	Espesor mínimo
D, DC, D+15, E	15 lb (5 kg)	1/8 in (3mm)
G	40 lb (15 kg)	3/8 in (10 mm)
C	4 lb (1.5 kg)	1/32 in (1 mm)

6.3 Curvatura – Piezas con superficies curvas, ya sean cóncavas o convexas, pueden ser inspeccionadas si su radio de curvatura se ajusta al tamaño del anillo de soporte del dispositivo de impacto y no es menor a 2in (50 mm) para el dispositivo G ó 1 3/16 in (30 mm) para otros dispositivos de impacto.

6.4 Preparación / Acabado superficial – La superficie de prueba deberá ser cuidadosamente preparada para evitar cualquier alteración de la dureza ocasionada por calentamiento durante el pulido o el maquinado. Todo tipo de pintura, escama, sarro, poros, o cualquier otro recubrimiento superficial debe ser completamente removido. La superficie donde se realizará la prueba deberá ser lisa. Si no se tiene un acabado superficial adecuado, los resultados de la prueba no serán del todo confiables. Acabados superficiales burdos tenderán a ocasionar valores de lectura inferiores a los reales. Se recomienda que la superficie de prueba sea maquinada o pulida para obtener los siguientes acabados.

Dispositivo de Impacto	Acabado Superficial -Ra (máx.)	Tamaño de estructura
D, DC, D+15, E	63 µin (2 µm)	200
G	250 µin (7 µm)	65
C	16 µin (0.4 µm)	500

6.5 Campos magnéticos – La prueba de dureza Equotip en partes con campo magnético residual puede afectar los resultados: se recomienda que el campo residual de la pieza sea menor a 4G.

6.6 Vibración – La vibración de la pieza de prueba puede afectar los resultados de dureza Equotip: se recomienda que la prueba sea realizada con la pieza en reposo.

6.7 Temperatura – La temperatura de la pieza de prueba puede afectar los resultados. Además, este efecto puede ser diferente para diferentes materiales. De acuerdo con este procedimiento, la prueba debe realizarse a una temperatura de entre 4 °C (40 °F) y 38 °C (100 °F). A temperaturas fuera de este rango, el usuario debe desarrollar una curva de corrección por temperatura para cada tipo de material inspeccionado.

7. Verificación del instrumento

7.1 Método de verificación – Antes de cada turno o periodo de trabajo y después de un periodo de uso continuo (1000 impactos), el instrumento deberá ser verificado de acuerdo a lo especificado en la parte B. Cualquier instrumento que no cumpla con los requerimientos de la parte B no deberá ser empleado para realizar pruebas.

8. Procedimiento

8.1 Método de prueba – Para realizar la prueba de dureza, el dispositivo de impacto es conectado al instrumento indicador y este es encendido. El dispositivo de impacto, mientras no esta en contacto con la pieza de prueba, es sujetado firmemente con una mano y con la otra se oprime el tubo de carga hasta que se siente un contacto. El tubo de carga se regresa nuevamente a su posición inicial. El cuerpo de impacto se encuentra ahora en su posición de carga o disparo. Después de colocar el dispositivo de impacto sobre la superficie de prueba, dispárese el cuerpo de impacto ejerciendo una ligera presión en el botón liberador. El valor de dureza Equotip será mostrado en el instrumento indicador.

8.2 Alineamiento – Para evitar errores por desalineamiento, el anillo de soporte del dispositivo de impacto debe sujetarse firme y perpendicular a la superficie de la pieza de prueba.

8.3 Dirección de impacto – El dispositivo de impacto está calibrado para una dirección de impacto vertical hacia abajo (perpendicular a la superficie horizontal). Para otras direcciones de impacto, por ejemplo a 45° del plano horizontal o por debajo, los valores de dureza requerirán de una compensación (ver 9.2). Los nuevos modelos realizan la compensación de dirección automáticamente.

8.4 Espaciamiento de las indentaciones– La distancia entre dos puntos de impacto cualesquiera no debe ser menor a dos veces el diámetro (esquina a esquina) de la punta del cuerpo de impacto. La distancia entre el punto de impacto y el filo de la pieza no debe ser menor a tres veces el diámetro de la punta del cuerpo de impacto. Ningún punto debe ser impactado más de una vez.

8.5 Lectura de valores en el instrumento EQUOTIP – Los valores de dureza en unidades Equotip se leen directamente en la pantalla electrónica del instrumento. El valor indicado es reemplazado automáticamente con el resultado de la siguiente medición.

8.6 Número de Impactos – Una prueba se constituye de 5 impactos en un área de aproximadamente 1 in² (645 mm²). Si se considera que el material bajo prueba no es del todo homogéneo (por ejemplo, hierro forjado) se debe realizar 10 impactos por prueba.

9. Cálculo de la dureza Resultante

9.1 El valor de dureza resultante debe de ser el promedio aritmético de los valores de las cinco lecturas tomadas en la prueba.

9.2 Corrección de la dirección de impacto – Cuando se utiliza un instrumento Equotip sin compensación automática de la dirección de impacto, el valor de corrección de dirección de impacto de la prueba debe de ser obtenido del valor promedio de la medición. Esta corrección puede ser determinada de acuerdo con lo establecido en la Tabla 1.

10. Conversión a otras escalas de dureza o valores de resistencia a la tensión

10.1 No existe una correlación directa entre el principio de prueba de dureza Equotip y otros métodos de prueba de dureza o de determinación de resistencia a la tensión. Todas estas conversiones son, en el mejor caso, aproximaciones y por eso las conversiones deben evitarse, excepto en casos especiales donde se cuenta con una base confiable para una conversión aproximada y la exactitud de la conversión haya sido obtenida por una prueba de comparación. No se deben realizar conversiones sin un acuerdo específico entre ambas partes, la que utiliza este método de prueba y la que realiza la prueba de dureza.

11. Informes

11.1 Informe de los siguientes datos :

11.1.1 El promedio de dureza Equotip para cada área de prueba con el tipo de dispositivo de impacto indicado (por ejemplo, xxxHLD o xxxHLD+15).

11.1.2 Cuando se informe de valores de dureza Equotip, hay que informar **del instrumento usado** entre paréntesis, por ejemplo, HB (HLG).

12. Precisión y Tendencia

12.1 Precisión:

12.1.1 Programa de pruebas interlaboratorio – Un programa de pruebas interlaboratorio fue realizado de acuerdo con la practica E-691 para desarrollar información referente a la precisión de la medición de dureza Equotip. Ocho laboratorios verificaron 5 bloques de prueba certificados. Cada laboratorio midió la dureza del bloque 25 veces.

12.1.2 Resultados de la prueba – La información precisa dada a continuación es el promedio de los cinco bloques certificados, cada uno de diferente valor de dureza.

12.1.3 Repetibilidad y Reproducibilidad:

95% Límite de repetibilidad (dentro del laboratorio) = 4.4%

95% Límite de reproducibilidad (entre laboratorios) = 8.8%

12.1.3.1. Los términos en 12.1.3 (límite de repetibilidad y límite de reproducibilidad son usados como se especifica en el Método E 117. Las desviaciones estándar respectivas entre los resultados de prueba relacionadas a los números anteriores por el factor 2.8, son:

Desv. Std. De Repetibilidad = 1.6%

Desv. Std. De Reproducibilidad = 3.2%

12.2 Tendencia – Dado que la dureza no es una propiedad intrínseca del material, no hay bases sobre las cuales determinar o aceptar un valor de referencia. Por consiguiente, no existe una base para definir la tendencia de este método de prueba.

B. VERIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE DUREZA EQUOTIP.

13. Alcance

13.1 La parte B cubre el procedimiento de verificación de los instrumentos de dureza Equotip con el método de bloque estandarizado.

14. Requerimientos Generales

14.1 Antes de que un instrumento de prueba Equotip sea verificado, el instrumento debe ser examinado para asegurar que:

14.1.1 Las pilas del instrumento no están descargadas, y las pilas dañadas son reemplazadas.

14.1.2 El dispositivo de impacto está limpio, y la punta esférica del cuerpo de impacto está libre de materias externas (por ejemplo: polvo, suciedad, grasa, escamas, etc.)

14.1.3 La punta del dispositivo de impacto este libre de grietas y deformaciones.

14.1.4 El bloque de prueba este soportado sobre una base limpia, nivelada y firme.

15. Verificación con bloques de prueba estandarizados

15.1 Verifique el instrumento de prueba Equotip realizando **dos impactos** en el bloque estandarizado.

15.2 El instrumento de dureza Equotip se considera verificado si las lecturas individuales caen dentro de ± 6 unidades HL del valor de referencia. Cualquier instrumento que no sea verificado no deberá ser usado para pruebas sin previa reparación y reverificación.

C. CALIBRACIÓN DE BLOQUES DE PRUEBA DE DUREZA ESTANDARIZADOS PARA INSTRUMENTOS DE DUREZA EQUOTIP.

16. Alcance

16.1 La parte C cubre la calibración de los bloques de prueba de dureza estandarizados usados para la verificación de los instrumentos de dureza Equotip.

17. Fabricación

17.1 Cada bloque de prueba debe ser fabricado de acero con dimensiones no menores a 3½in (90mm) de diámetro por 21/8in (54mm) de espesor para los dispositivos de impacto D, DC, D+15, C y E; y 4¾in (120mm) de diámetro por 2¾in (70mm) de espesor para el dispositivo de impacto tipo G. Las dos caras del bloque deben ser paralelas.

17.2 Cada bloque debe ser específicamente preparado y tratado térmicamente para darle una dureza específica y la necesaria homogeneidad y estabilidad de estructura.

17.3 Cada bloque de acero debe ser desmagnetizado por el fabricante y debe mantenerse desmagnetizado por el usuario.

17.4 La superficie del bloque donde no se realizarán pruebas deberá tener un acabado superficial de 250µin. (7µm) máximo.

17.5 La superficie de prueba debe de ser pulida y acabada superficialmente libre de rayaduras y otras discontinuidades, que podrían influenciar la característica del rebote en el bloque de prueba.

APÉNDICE (Información no obligatoria)

X1. Alineamientos para la selección y uso de instrumentos Equotip

Dispositivo de Impacto	Dureza Máxima	Tamaño	Aplicación
D	68 Rc	20 a 150 mm	El dispositivo de impacto básico utilizado para la mayoría de las pruebas en acero forjado o moldeado, aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, y hierros forjados.
DC	68 Rc	20 a 85 mm	Un dispositivo de impacto especial diseñado para realizar mediciones de dureza en espacios muy cerrados, ej. barrenos. Los materiales de aplicación son los mismos que los del dispositivo D.
D + 15	68 Rc	20 a 165 mm	Un dispositivo de impacto especial, muy fino, con la bobina de medición colocada detrás para poder acceder a pequeños orificios y surcos. Los materiales de aplicación son los mismos que para el dispositivo D.
G	60 Rc	30 a 250 mm	Un dispositivo de impacto especial, mayor en tamaño y energía de impacto que los otros dispositivos, para uso piezas largas y pesadas. Para uso en acero forjado, hierro moldeado y hierro forjado.
c	68 Rc	20 a 141 mm	Un dispositivo de impacto especial con baja energía de impacto que puede ser usada para medir dureza superficial, dureza en recubrimientos y dureza en componentes de acero de pared delgada.
E	70 Rc	20 a 155 mm	Un dispositivo de impacto especial, con punta de diamante sintético que puede ser usada para pruebas en acero forjado o moldeado con un alto grado de dureza.

Traducción de la norma ASTM A-956 según revisión de 1996

Los durómetros portátiles EQUOpen, EQUOTIP y sus accesorios están distribuidos en España por:



Comercial de Ingeniería **DAGA S. L.** www.daga.es
Corregidor Juan Francisco de Luján, 17. 28030 Madrid
Tel. 917 511 523 Fax 917 720 793 E-mail: daga@dagas.es