



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 3081
2016-09

**REVESTIMIENTOS DE LAS SUPERFICIES DE JUEGO Y ÁREAS
RECREATIVAS ABSORBEDORES DE IMPACTOS.
DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA**

IMPACT ATTENUATING SURFACES GAME AND RECREATIONAL AREAS. DETERMINATION OF
CRITICAL FALL HEIGHT

REVESTIMIENTOS DE LAS SUPERFICIES DE LAS ÁREAS DE JUEGO ABSORBEDORES DE IMPACTOS DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA

0. INTRODUCCIÓN

Esta norma se basa en los principios de seguridad que se indican en NTE INEN 3029-1 para equipamientos de áreas de juego, y aporta un método para la evaluación de la amortiguación del impacto de las superficies destinadas al uso del equipamiento en el área de juego, según se define en NTE INEN 3029-1.

Las lesiones producidas por caídas en las áreas de juego se pueden producir por diversos motivos, pero se estima que las lesiones más graves son las que afectan a la cabeza. Esta norma reconoce que existen muchos factores que afectan a los mecanismos de las lesiones independientemente de las superficies, como por ejemplo, la orientación del cuerpo, la violencia de la caída, la densidad ósea, entre otros. Investigaciones recientes indican que la discapacidad y las lesiones en la columna podrían estar influenciadas por la duración del pulso de aceleración.

En consecuencia, se ha considerado prioritario establecer un criterio para los materiales de revestimiento con el fin de evaluar su capacidad de reducir las probabilidades de lesiones en la cabeza.

En virtud de análisis estadísticos realizados se ha utilizado el Criterio de Lesiones en la Cabeza (HIC) de un nivel de tolerancia de 1 000, como límite superior para la gravedad de las lesiones que no sean susceptibles de tener consecuencias que produzcan una discapacidad o la muerte. Al elegir la medición del HIC como criterio de seguridad, el método solo toma en consideración la energía cinética de la cabeza en el momento del impacto con las superficies del área de impacto. Se considera que las superficies que satisfagan los requisitos de ensayo, cumplen con los requisitos de amortiguación del impacto de la NTE INEN 3029-1.

NOTA. El valor 1 000 de HIC es simplemente un punto de referencia en una curva de gravedad de riesgo donde un HIC de 1 000 es equivalente a un 3 % de probabilidad de una lesión crítica, un 18 % de probabilidad de una lesión muy grave en la cabeza, un 55 % de probabilidad de una lesión grave en la cabeza, un 89 % de probabilidad de una lesión moderada en la cabeza, y un 99,5 % de probabilidad de una lesión leve en la cabeza, para un adulto medio.

Existe una variedad de materiales disponibles que permite amortiguar el impacto, tales como baldosas de caucho, caucho triturado/reciclado colchonetas, planchas, revestimientos sintéticos continuos, bien prefabricados o hechos *in situ*, materiales sin cohesión, tales como gravilla, arena, virutas de madera, corteza, entre otros. El método de ensayo de esta norma se puede utilizar para evaluar cualquiera de estos revestimientos.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma especifica un método para determinar la amortiguación del impacto de las superficies de las áreas de juego. Define una altura de caída crítica (ver 3.2) para los revestimientos, que representa el límite superior de su eficacia para reducir las lesiones en la cabeza cuando se utiliza un equipamiento de área de juego conforme a NTE INEN 3029-1. Los métodos de ensayo que se describen en esta norma se pueden utilizar para los ensayos efectuados en un laboratorio y para los efectuados *in situ*.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 6487, *Road vehicles. Measurement techniques in impact tests – Instrumentation*

GPE INEN-ISO/IEC 17025, *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*

NTE INEN 3029-1, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo*

NTE INEN 696, *Áridos. Análisis granulométricos en los áridos. Fino y grueso*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1

amortiguación del impacto

Propiedad de una superficie de disipar energía cinética de un impacto mediante una deformación o un desplazamiento localizado que permita reducir la aceleración.

3.2

altura de caída crítica

Altura libre de caída máxima para la que una superficie presta un nivel aceptable de amortiguación del impacto.

3.3

criterio de lesiones en la cabeza (HIC)

Criterio establecido para las lesiones de cabeza provocadas por caídas.

3.4

posición de ensayo

Emplazamiento sobre el material que se va a someter a ensayo, situado verticalmente bajo el centro de la cabeza de maniquí.

3.5

altura de caída

Distancia entre la posición de ensayo sobre el revestimiento y el punto más bajo de la cabeza de maniquí antes de soltarla en caída libre.

3.6

medición del impacto

Índice HIC a partir del valor de aceleración registrado de la cabeza de maniquí cuando cae desde la altura de caída determinada sobre una posición de ensayo de la muestra.

3.7

ensayo de caída

Serie de mediciones de impacto realizadas a partir de un mínimo de cuatro alturas de caída crecientes.

3.8

material granuloso sin cohesión

Material que absorbe la energía de un impacto, generalmente debido a su desplazamiento.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Principio

Las probetas o las superficies instaladas de los materiales amortiguadores de impactos sometidos a ensayo, se golpean con una cabeza de maniquí en una serie determinada de impactos desde diferentes alturas de caída. Se procesa la señal que emite durante cada impacto con un

acelerómetro (ver Figura B.1) montado en la cabeza de maniquí durante cada impacto, para obtener, a partir de los valores medidos de la energía de impacto, un nivel de gravedad que se define como criterio de lesión en la cabeza (HIC).

Se representa gráficamente el HIC de cada impacto y se calcula la altura de caída crítica como la altura de caída más baja que produzca un valor HIC de 1 000 (ver Figura B.2).

4.2 Equipos y aparatos

4.2.1 Dispositivos de ensayo que consisten en una cabeza de maniquí con un acelerómetro, opcionalmente con un amplificador de carga y, en caso de utilizar un acelerómetro uniaxial, un sistema de guiado, y un equipo de medición del impacto como se muestra en la Figura A.1.

4.2.2 Cabeza de maniquí, que consiste en:

- a) una esfera de aleación de aluminio; o
- b) un proyectil de aleación de aluminio con extremo hemisférico.

Debe tener un diámetro de $160 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, una masa de $4,6 \text{ kg} \pm 0,05 \text{ kg}$, con una desviación máxima de la superficie hemisférica de $0,5 \text{ mm}$, e ir equipada con un acelerómetro integrado como se indica a continuación:

- a) acelerómetro triaxial para las cabezas de maniquí en caída libre, montado en el centro de gravedad del modelo de la cabeza de maniquí; o
- b) acelerómetro uniaxial para las cabezas de maniquí guiadas, alineado de modo que permita la realización de mediciones en el eje vertical $\pm 5^\circ$ y colocado directamente sobre el centro de la masa.

La parte de la cabeza de maniquí que choca con la superficie, situada entre el límite inferior y el acelerómetro, debe ser homogénea y sin huecos.

4.2.3 Amplificador de carga (opcional)

4.2.4 Sistema de guiado, para guiar la cabeza de maniquí durante la utilización de un acelerómetro uniaxial que incluya un sistema para medir la velocidad de la cabeza de maniquí justo antes del impacto.

4.2.5 Equipo de medición de la longitud, de modo que, para el ensayo de impacto en caída libre, se pueda medir directamente la altura de caída antes de soltar la cabeza de maniquí.

El cálculo de la altura de caída a partir del tiempo medido entre la liberación y el contacto del proyectil con la superficie puede ser insuficiente, debido a posibles diferencias de tiempo entre el inicio de la medición del tiempo y la liberación real de la cabeza de maniquí (por ejemplo, a causa del magnetismo permanente en un sistema de liberación magnético).

En todos los casos, la altura de caída se debe medir con una aproximación no superior al 1 %.

4.2.6 Equipo de medición de la velocidad, de modo que, para el ensayo de impacto en caída guiada, se pueda calcular la altura teórica de caída midiendo la velocidad de la cabeza de maniquí justo antes del impacto.

En todos los casos, la velocidad se debe medir con una aproximación no superior a $\pm 1 \%$.

Para tener en cuenta las pérdidas por rozamiento, se registra la velocidad de la cabeza de maniquí inmediatamente antes del impacto a fin de calcular la altura de caída que correspondería a la de una cabeza de maniquí en caída libre.

4.2.7 Sistema de liberación, de modo que para el ensayo de impacto en caída libre, no produzca un momento de rotación ni cualquier otra fuerza sobre la cabeza de maniquí al liberar esta.

NOTA. Un momento de rotación o cualquier otra fuerza sobre la cabeza de maniquí produciría aceleraciones suplementarias tras el impacto en el triaxial, provocando un error incontrolable del valor resultante para la medición vertical.

4.2.8 Equipo para medición de impactos, que consiste en un sistema de medición mediante acelerómetro, un dispositivo de registro y un programa de cálculo de HIC.

4.2.9 Sistema de medición mediante acelerómetro, capaz de medir todas las frecuencias de la gama de 0,3 Hz hasta 1 000 Hz, y que tenga una respuesta suficiente en todas las frecuencias para mantener los errores de amplitud por debajo del 5 %, conforme a ISO 6487. Debe ser capaz de medir, registrar y mostrar la aceleración y el tiempo de duración de cada impacto completo.

Para una respuesta suficiente en las frecuencias bajas. La frecuencia inferior de limitación de -3 dB debe ser igual o inferior a 0,3 Hz, para reducir el error sobrepasando el punto de referencia tras el impacto, y desestimando la gravedad máxima y el resultado del HIC, particularmente para las duraciones de pulso más largas (ver el diagrama de respuesta de frecuencias de la Figura 1 de ISO 6487). Generalmente, este requisito lo cumple un acelerómetro con una constante de tiempo igual o superior a 2 s y un acondicionamiento de señal adecuado.

4.2.10 Dispositivo de registro, capaz de capturar y registrar las señales del tiempo de aceleración que se producen durante un impacto, con una frecuencia mínima de muestreo de 10 kHz. El condicionamiento y filtrado de la señal debe ser compatible con el acelerómetro, y el canal de datos especificado debe ajustarse a ISO 6487.

Según ISO 6487, los filtros analógicos para evitar la distorsión deben tener una atenuación de al menos 30 dB en la mitad de la frecuencia de muestreo.

4.2.11 Programa para calcular el valor de HIC para el historial del tiempo de aceleración registrado de cada impacto, conforme a 4.6.

4.3 Precisión de los ensayos

El aparato se debe equipar con unos dispositivos de medición calibrados. El sistema de medición de impactos, incluyendo el equipo para el procedimiento de la señal y la medición de la altura de caída, se debe validar al menos una vez al año por un laboratorio competente conforme a NTE INEN-ISO/IEC 17025.

Para los ensayos *in situ*, es recomendable que se aumente la frecuencia de validación del equipo.

Los acelerómetros se deben calibrar para toda la gama de frecuencias. La recalibración se debe efectuar a los intervalos de tiempo recomendados por el fabricante del acelerómetro, o al menos cada dos años. Los acelerómetros no deben tener una incertidumbre de medida superior al 5 %.

Los sistemas de medición de la velocidad se deben calibrar para toda la gama de velocidades (hasta 3 m de altura de caída).

El algoritmo informático utilizado para los cálculos se debe verificar insertando una curva semi seno, y el resultado, al compararlo con un cálculo matemático independiente de dicha curva, no se debe desviar más del ± 1 %.

Para evaluar que el efecto del sistema de liberación sobre la cabeza de maniquí sea adecuado se debe comprobar mediante una serie de al menos tres ensayos consecutivos de caída sobre una superficie de referencia definida con propiedades constantes. Los valores HIC obtenidos no deben diferir más del ± 5 %.

NOTA 1. Estos ensayos son utilizados para comprobar cualquier desviación o anomalía en los componentes, y no sustituyen a la calibración ni a la validación para que el aparato cumpla con esta norma.

NOTA 2. La experiencia ha demostrado que los ensayos comparativos en superficies definidas pueden ser insuficientes, y que requiere una calibración externa del dispositivo de medición.

4.4 Condiciones de los ensayos

4.4.1 Ensayos en laboratorio

Los ensayos se deben realizar a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los ensayos se deben efectuar sobre un soporte de hormigón rígido plano o una superficie equivalente, con la masa, densidad y espesor suficientes para que su deformación durante los ensayos no afecte de modo considerable al resultado de los mismos.

Para los ensayos de materiales granulosos, se debe utilizar un marco de ensayo sin base, que tenga unas dimensiones interiores mínimas de 1 m x 1 m, y que sea capaz de mantener el material hasta la profundidad especificada por el proveedor.

NOTA. Normalmente, las dimensiones indicadas reducen la influencia de la contención de los materiales granulosos.

Los materiales granulosos se deben colocar en el marco de ensayo sobre el soporte rígido y plano, y se deben distribuir uniformemente dentro del marco, sin compactarse, hasta la profundidad especificada por el proveedor.

La profundidad se puede determinar colocando sobre el material una capa de madera contrachapada de 1 m x 1 m x 10 mm, y midiendo el espesor de la capa que queda bajo el contrachapado.

Para los ensayos de las baldosas, se deben colocar al menos cuatro baldosas con unas dimensiones totales mínimas de 1 m x 1 m, sobre un soporte rígido y plano conforme las instrucciones del fabricante, incluyendo todos los elementos de unión y sujeción en el lugar correspondiente para la instalación en el área de juego.

Para los ensayos de los revestimientos que van a fabricarse *in situ* se debe efectuar uno de los siguientes preparativos, sin juntas ni empalmes:

- a) al menos una probeta con una dimensión total mínima de 1 m x 1 m, situada sobre un soporte rígido, conforme a las instrucciones del fabricante;
- b) al menos nueve probetas distintas, cada una de ellas no menor de 500 mm x 500 mm, extendidas sobre un soporte rígido y plano, conforme a las instrucciones del fabricante.

Para los productos destinados a ser extendidos sobre otra capa, se debe someter a ensayo todo el sistema, el revestimiento con la capa inferior, sobre el soporte rígido y plano, y se debe presentar como un producto compuesto.

NOTA. Los soportes que no sean rígidos y planos son susceptibles de contribuir a la amortiguación del impacto del material sometido a ensayo.

Si se sospecha que la amortiguación del impacto del material podría estar influenciada por la humedad (por ejemplo, la arena), se debe medir el contenido de humedad en el momento del ensayo, y se debe registrar junto al método empleado para el ensayo.

La amortiguación del impacto de ciertos materiales granulosos puede resultar influenciada considerablemente por su contenido de humedad.

Los productos destinados a su instalación en combinación con un sustrato natural (por ejemplo, césped, hierba, turba natural, arena) no se pueden ensayar de manera significativa en el laboratorio, y no se pueden someter a informe de ensayo de acuerdo con GPE INEN-ISO/IEC 17025. La altura de caída crítica de dichos productos únicamente se puede determinar por separado mediante un ensayo *in situ*, en una instalación real ya existente, completamente consolidada.

4.4.2 Ensayos *in situ*

Los ensayos *in situ* generalmente se deben efectuar y documentar como se describe para los ensayos en laboratorio, salvo que se deben identificar otras condiciones climáticas importantes (la temperatura, la humedad, entre otras) que se deben medir y documentar cuando se efectúe el ensayo.

Los ensayos *in situ* no se pueden utilizar para la certificación del producto, y se debe elaborar un informe de ensayo por separado que se ajuste a 4.7.2, como se indica en 4.7.3

NOTA. Como el rendimiento de ciertos materiales resulta notablemente afectado por la temperatura, la humedad y otros factores, el ensayo únicamente determina una altura de caída crítica en la situación real en el momento del ensayo.

4.5 Procedimiento

4.5.1 Curva de tiempo/aceleración

Se visualiza la curva de tiempo/aceleración para cada impacto y se examina para detectar posibles anomalías antes de su procedimiento y evaluación.

Si en la señal que se obtiene durante el ensayo de caída realizado con la cabeza de maniquí, descrita en este método de ensayo, aparecen componentes de altas frecuencias, es muy probable que exista algún fallo mecánico en el aparato. Se efectúa una comprobación para asegurarse de que ningún elemento de la cabeza de maniquí se haya aflojado, en particular el acelerómetro.

Si como consecuencia de las vibraciones que experimenta la cabeza de maniquí durante el ensayo de caída aparecen componentes de altas frecuencias, será necesario filtrar las señales por medio de un filtro normalizado. Se efectúan mediciones con y sin filtro y se comparan los índices HIC así obtenidos.

4.5.2 Elección y definición de la posición de ensayo

Para cada altura de caída seleccionada, se realizan las mediciones de impacto en todas las posiciones de ensayo correspondientes de las probetas o materiales a ensayar, en la medida en que resulte práctico, para determinar la posición de ensayo de la altura de caída crítica.

Asegurarse de que la distancia entre dos posiciones de ensayo cualquiera no sea inferior a 250 mm y que ninguna posición esté más cerca de 250 mm desde el borde de la probeta de ensayo, el conjunto o el marco de ensayo.

NOTA. Estas distancias son utilizadas para evitar influencias sobre la posición de ensayo a causa de anteriores ensayos y de los bordes del perímetro de la probeta de ensayo.

Para todos los ensayos, asegurarse de que la localización de todas las posiciones de ensayo donde se mide la altura de caída crítica, esté en referencia a las probetas de ensayo y el material, tengan relación con la estructura y/o la geometría del revestimiento, y se indique en el informe del ensayo.

Cuando se efectúen ensayos *in situ*, asegurarse de que la localización de todas las posiciones de ensayo donde se mide la altura de caída crítica, esté en referencia al equipamiento del área de juego, y que se indique en el informe del ensayo.

Para los materiales sin cohesión y los revestimientos naturales, se localiza la posición de ensayo para cada altura de caída crítica, que esté en referencia al equipamiento del área de juego, y que se indique en el informe del ensayo.

Para los materiales sin cohesión y los revestimientos naturales, se localiza la posición de ensayo para cada altura de caída en una nueva posición en el suelo (todavía no sometida a ensayo).

NOTA. Entre los materiales sin cohesión y los revestimientos naturales se encuentra el sustrato natural y la arena.

No hay que efectuar ensayo alguno en las áreas de caída si estas presentan una inclinación superior a 10° respecto a la horizontal.

Si se han utilizado en la superficie de impacto diferentes tipos de suelo y/o revestimiento, los ensayos deben realizarse para cada tipo por separado.

4.5.3 Procedimientos para tipos específicos de productos

4.5.3.1 Productos de revestimiento prefabricados

4.5.3.1.1 Ensayos en laboratorio

Para las baldosas, losas u otros productos de revestimiento fabricados, se realizan al menos nueve ensayos de caída cada uno de ellos en distintas posiciones de ensayo sobre las probetas.

Para las baldosas, se realiza un ensayo de caída (como mínimo en cuatro alturas de caída) en las posiciones siguientes:

- a) en el centro de las baldosas,
- b) en el centro de una junta que una dos baldosas adyacentes,
- c) en el empalme donde confluye el número máximo de baldosas, y
- d) en cualquier otro punto caracterizado por una heterogeneidad o discontinuidad, para obtener el valor más bajo de altura de caída crítica en cualquier punto del montaje.

Se asegura de que cada ensayo de caída se complete en 15 min.

Se registra cada valor HIC.

4.5.3.1.2 Ensayos *in situ*

Se utiliza el procedimiento descrito en 4.5.3.1.1, salvo que todas las alturas de caída deben estar en la altura libre de caída máxima correspondiente del equipo para esa posición.

4.5.3.2 Materiales sin cohesión y revestimientos naturales

4.5.3.2.1 Generalidades

Para los materiales sin cohesión, se efectúan al menos tres ensayos de caída.

4.5.3.2.2 Ensayos de laboratorio

Se localiza la primera posición de ensayo, que no debe estar a menos de 250 mm del marco, y se efectúan tres impactos consecutivos con la cabeza de maniquí desde la misma altura de caída, en la misma posición de ensayo y sin proceder a una redistribución del material (ver 4.4.1.3)

Se registran todos los resultados.

NOTA. Este procedimiento tiene en cuenta los posibles efectos de la compactación del material y es susceptible de arrojar valores progresivamente superiores.

Se redistribuye el material en el marco y se nivela nuevamente hasta alcanzar el mismo espesor de ensayo.

Se deja caer la cabeza de maniquí desde la segunda altura de caída (progresivamente superior) tres veces sin proceder a una redistribución del material.

Se redistribuye el material en el marco y se nivela nuevamente hasta alcanzar el mismo espesor de ensayo. Se repite el procedimiento hasta que se sometan a ensayo todas las alturas de caída necesarias (un mínimo de cuatro).

Se registran todos los valores HIC.

Para medir los valores HIC para el mismo producto, instalado en capas de distinto espesor, se retira todo el material del marco y se sustituye con material nuevo antes de proceder al ensayo con un nuevo espesor.

Para los materiales susceptibles de sufrir una influencia importante debido a su contenido de humedad (por ejemplo, la arena), se mide el contenido de humedad en el momento del ensayo y se registra el método usado y el resultado.

Cuando se ensaye arena o grava, se determina la distribución del tamaño de las partículas efectuando un ensayo de tamizado conforme a NTE INEN 696.

4.5.3.2.3 Ensayos *in situ*

Para los ensayos *in situ*, se efectúa el procedimiento descrito en 4.5.3.2.2 para cada altura de caída (mínimo de cuatro) utilizando una posición distinta para cada altura de caída, asegurándose de que el material se encuentre en la misma capa de profundidad en cada posición de ensayo. Desde cada altura de ensayo, se deja caer la cabeza de maniquí tres veces en la misma posición de ensayo, sin redistribuir el material, y se registra el valor máximo de HIC de las tres caídas. Se efectúa el ensayo en la siguiente altura de caída en una zona distinta de la superficie, separada al menos 250 mm.

Se registran todos los valores HIC.

Cuando se realicen los ensayos *in situ*, se deben seleccionar varias posiciones de ensayo para asegurarse de que se incluye la peor situación (por ejemplo, la posición de acceso). Cuando se ensaye arena o grava *in situ*, no es necesario determinar la distribución del tamaño de las partículas.

4.5.4 Selección de datos para la determinación de la altura de caída crítica

Se selecciona las alturas de caída más bajas equivalentes a un índice HIC de 1 000 conseguidas durante cualquiera de los ensayos de caída realizados conforme a 4.5.3, utilizando mediciones de impacto con al menos dos valores con un índice HIC por debajo y al menos dos valores con un índice HIC por encima de 1 000 (ver Figura B.2). Dos de las alturas de caída deben estar dentro de los 500 mm por debajo de la altura de caída crítica, y otras dos dentro de los 500 mm por encima de la altura de caída crítica.

Esto no se aplica a los materiales que arrojen valores HIC inferiores a 1 000 en la altura máxima de ensayo.

4.6 Expresión de resultados

Se calcula el criterio de lesión en la cabeza (HIC) para cada curva aceleración/tiempo, según la fórmula:

$$HIC = \left[\left(\frac{\int_{t_1}^{t_2} a \times dt}{t_2 - t_1} \right)^{2,5} \times (t_2 - t_1) \right] \text{máx}$$

Para todos los intervalos de tiempo $[t_1, t_2]$ con una frecuencia de muestreo mínima de 8 000 Hz, entre t_{inicio} y t_{final} ,

donde

t_{inicio}	es el tiempo, al principio del impacto, en que la aceleración de la cabeza de maniquí es igual o superior a cero;
t_{final}	es el tiempo, al final del impacto, en que la aceleración de la cabeza de maniquí es por primera vez igual o inferior a cero;
a	es la aceleración que experimenta la cabeza de maniquí, expresada en g (aceleración debida a la gravedad);
$t_2 - t_1$	son dos de los valores intermedios de t entre t_{inicio} y t_{final} , siendo t el tiempo expresado en milisegundos [ms];
dt	derivada en función del tiempo.

Este procedimiento únicamente es válido para los impactos con una duración HIC superior a 3 m, esto es, $(t_2 - t_1) \geq 3$ ms.

Para calcular la altura de caída crítica, se traza una curva para todas las alturas seleccionadas, en la que se trazan los índices HIC en función de las correspondientes alturas de caída obtenidas. Se interpola la curva para obtener la altura de caída equivalente a un HIC de 1 000.

Si uno solo de los ensayos de caída arroja un resultado anómalo, se repite dicho ensayo en una nueva posición de ensayo y se sigue profundizando mediante la realización de más ensayos de caída para esa parte de la curva en cuestión.

NOTA. En la Figura B.2 se muestra un ejemplo de curva correcta.

Se determina la altura de caída crítica como la altura de caída más baja que presenta un HIC de 1 000 obtenido a partir de cualquiera de los ensayos de caída.

4.7 Informe de ensayo

4.7.1 Generalidades

Únicamente deben elaborarse informes de ensayo para materiales y subestructuras de revestimiento claramente definidas, cuando se sometan a ensayo conforme a 4.4 y 4.5.

4.7.2 Ensayos efectuados en laboratorio

El informe para los ensayos de laboratorio debe elaborarse conforme a GPE INEN-ISO/IEC 17025, y en él debe figurar la siguiente información:

- a) el número y la fecha de esta norma, NTE INEN 3081:2016;
- b) una descripción completa del producto sometido a ensayo, incluyendo su espesor y profundidad de capa (para los materiales granulosos), el resultado de un ensayo de tamizado conforme a NTE INEN 696 (para arena o grava), la densidad, área de masa/unidad y cualesquiera otras propiedades susceptibles de influir en la altura de caída crítica del material;
- c) para los materiales granulosos, una fotografía del material sometido a ensayo, con una indicación de la escala;
- d) una indicación de que "Este material también cumple los requisitos de NTE INEN 3029-1;
- e) el método de sujeción utilizado para retener las muestras y las dimensiones interiores del recipiente de ensayo utilizado y el espesor de la capa de los materiales sin cohesión;
- f) un esquema que muestre todas las posiciones de ensayo;
- g) el estado del revestimiento en el momento del ensayo, con indicación de la temperatura en grados centígrados, y el grado de humedad, si procede (por ejemplo, para la arena) incluyendo el método de ensayo utilizado;

- h) los resultados de cada ensayo de caída con indicación de todas las alturas de caída utilizadas y los índices HIC correspondientes a cada una de ellas;
- i) la altura de caída crítica para el revestimiento ensayado, expresada en metros, redondeada con un decimal (por ejemplo, 1,59 m se redondea como 1,5 m);
- j) la curva que muestre los índices HIC en función de la altura de caída a partir de la cual se ha determinado la altura de caída crítica del revestimiento; y
- k) la curva tiempo/aceleración de un impacto con un HIC igual o superior a 1 000, o, para los valores HIC máximos por debajo de 1 000, el valor más alto medido.

4.7.3 Ensayos efectuados *in situ*

El informe para los ensayos efectuados *in situ* debe incluir como prefacio la siguiente declaración:

“Este ensayo se efectuó *in situ* con las condiciones locales y climáticas particulares del día del ensayo. Por lo tanto, los resultados no se deben considerar tan reproducibles como los que se pueden conseguir en un laboratorio de ensayo”.

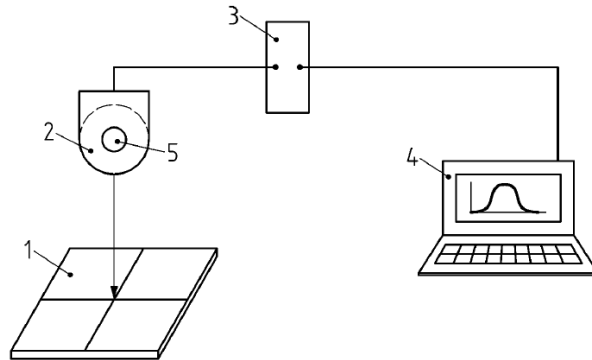
En el informe debe figurar la siguiente información:

- a) el número y la fecha de esta norma, NTE INEN 3081:2016;
- b) la ubicación del lugar (por ejemplo, la dirección postal) y, si procede, el sustrato sobre el que se haya ensayado el revestimiento;
- c) una descripción del producto sometido a ensayo, y si procede, una referencia para su identificación;
- d) para los materiales granulosos, una fotografía del material sometido a ensayo, con una indicación de la escala;
- e) el espesor de la capa para los materiales granulosos;
- f) la identificación y localización de cada posición de ensayo;
- g) el estado del revestimiento en el momento del ensayo, incluyendo la temperatura y la humedad, el tiempo de uso del producto (si se conoce) y cualquier otro factor que se considera pueda haber influido en el resultado, por ejemplo, el grado de humedad (en el caso de los materiales granulosos);
- h) los resultados de cada ensayo de caída con indicación de todas las alturas de caída utilizadas y los índices HIC correspondientes a cada una de ellas;
- i) la altura de caída crítica para el revestimiento ensayado, expresada en metros, redondeada con un decimal (por ejemplo 1,59 m se redondea como 1,5 m);
- j) la curva que muestre los índices HIC en función de la altura de caída a partir de la cual se ha determinado la altura de caída crítica del revestimiento para cada lugar de ensayo; y
- k) la curva tiempo/aceleración de un impacto con un HIC igual o superior a 1 000, o, para los valores HIC máximos por debajo de 1 000, el valor más alto medido.

ANEXO A
(informativo)

DISPOSITIVO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA

FIGURA A.1 Dispositivo de ensayo para determinar la altura de caída crítica



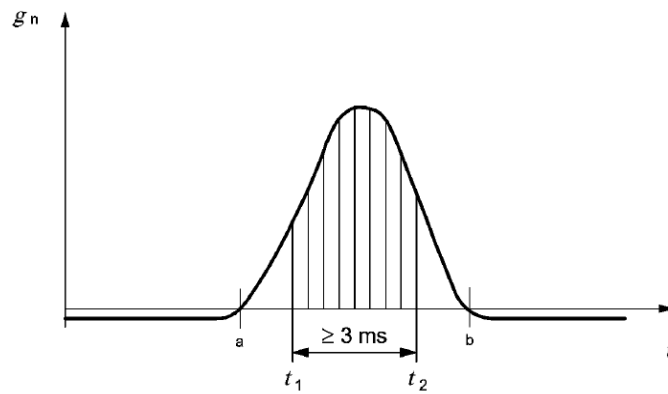
Leyenda

- 1 probeta de ensayo
- 2 cabeza de maniquí
- 3 amplificador de carga (opcional)
- 4 ordenador
- 5 acelerómetro

ANEXO B
(normativo)

EJEMPLOS TÍPICOS DE TRAZADO DE ACELERACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y CURVA DE ÍNDICES HIC EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA

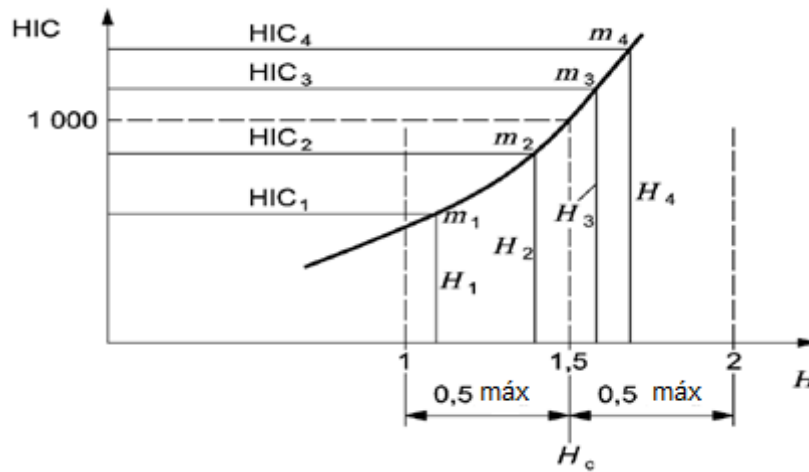
FIGURA B.1 Ejemplos típicos de trazado de aceleración en función del tiempo y curva de índices HIC en función de la altura de caída



Leyenda

- g_n aceleración
- t tiempo
- a t_{inicio}
- b t_{final}

FIGURA B.2 Curva típica de los índices HIC en función de la altura de caída



Leyenda

- m mediciones de impacto
- H altura de caída
- H_c altura de caída crítica

BIBLIOGRAFÍA

UNE-EN 1177:2009, *Revestimientos de las superficies de las áreas de juego absorbentes de impactos - Determinación de la altura de caída crítica*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 3081 **TÍTULO:** REVESTIMIENTOS DE LAS SUPERFICIES DE JUEGO Y ÁREAS RECREATIVAS ABSORBEDORES DE IMPACTOS. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA. **Código ICS:** 97.200.40

ORIGINAL:

Fecha de iniciación del estudio:
2015-11-01

REVISIÓN:

Fecha de aprobación por Consejo Directivo
Oficialización con el Carácter de
por Acuerdo Ministerial No.
publicado en el Registro Oficial No.

Fecha de iniciación del estudio:

Fechas de consulta pública: 2016-11-26 a 2016-01-24

Comité Técnico de: **Edificaciones y obras de ingeniería civil**

Fecha de iniciación: 2016-06-29

Fecha de aprobación: 2016-06-29

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

Arq. Carlos Caicedo Tapia (Presidente)

Ing. Francisco Vergara

Mgs. Marianela Maldonado

Psic. Fanny Rosero

Ing. Carlos Parra

Arq. Martha Hernández

Ing. María Judith Sánchez

Arq. Paulina Tutillo

Ing. Gyna Iza (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD
DE DISCAPACIDADES
MINISTERIO DE INCLUSIÓN ECONÓMICA Y
SOCIAL
MINISTERIO DE INCLUSIÓN ECONÓMICA Y
SOCIAL
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y
VIVIENDA
SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL
SECTOR PÚBLICO
PROFESIONAL INDEPENDIENTE
SECRETARIA TÉCNICA EN
DISCAPACIDADES PARA LA GESTIÓN
INCLUSIVA
SERVICIO ECUATORIANO DE
NORMALIZACIÓN, INEN

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 852 de 2016-09-30

Por Resolución No. 16340 de 2016-08-30

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 – Telfs: (593 2)3 825960 al 3 825999
Dirección Ejecutiva: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Centro de Información: centrodeinformacion@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)