

ACCIDENTES EN EL USO NORMAL DE LOS EDIFICIOS: EL RIESGO DE DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS DE ZONAS SECAS

Queipo de Llano Moya, J.* (1) y García Erviti, F. (2)

(1) *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja – Unidad de Calidad en la Construcción, Madrid. España.*

(2) *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid - UPM , Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid. España.*

El Código Técnico de la Edificación que se aprobó en 2006 reguló por primera vez el riesgo de caída debido al deslizamiento de los suelos (Documento Básico SUA Seguridad de utilización y accesibilidad).

Mirando atrás, se observa que el CTE penaliza de forma importante la disposición de suelos pulidos en cualquier zona del edificio, aún en zonas secas, debido a que el ensayo de caracterización se realiza siempre en húmedo. Pero ¿es correcto este procedimiento? Si el riesgo considerado es el deslizamiento en el suelo seco ¿No sería más apropiado ensayar en seco? El presente trabajo analiza las fortalezas y debilidades del método de ensayo del péndulo de fricción y la posibilidad de realizarlo en seco utilizando para ello una campaña de ensayos de diversos tipos de suelo.

Palabras Clave: Resistencia al deslizamiento, péndulo de fricción, Riesgo, seguridad de utilización

ACCIDENTS IN THE NORMAL USE OF BUILDINGS: THE RISK OF SLIP ON DRY FLOORS

The Spanish Building Code, adopted in 2006, addresses for the first time the risk of falls due to slipping (Safety in use and accessibility document).

Looking back, we can see that the Code significantly penalizes the use of polished floors, even in dry areas, because the characterization test is always conducted in wet conditions. But, is this procedure correct? If the risk considered is slipping in dry floors, would not it be more appropriate to test in dry conditions? This paper analyzes the strengths and weaknesses of the method of the pendulum test and the possibility of conduct it in dry conditions, using the data of tests carried on various types of floors.

Key words: Slip resistance, Pendulum test, risk, safety in use

* jqueipo@ietcc.csic.es

1. Introducción

1.1 El fenómeno del deslizamiento

El deslizamiento es un fenómeno en el que intervienen numerosos factores que complican en cierto modo su predicción y reglamentación. Entre los factores que intervienen encontramos los siguientes:

- **Factores relacionados con el usuario:** tales como el tipo de calzado, en particular las características de la suela, la forma de caminar, la velocidad, etc.
- **Factores relacionados con las características del suelo:** tales como la rugosidad, el relieve, etc.
- **Factores circunstanciales:** tales como la presencia de agua, suciedad, etc.

Existen muchos estudios acerca del fenómeno físico del deslizamiento aunque siguen existiendo controversias acerca de algunos temas, entre los cuales, por ejemplo:

- ¿Debe tomarse un coeficiente de fricción dinámico o estático?
- ¿Deben ensayarse los suelos en condiciones húmedas, secas o con aceites?
- ¿Qué material de suela o goma debe usarse para ensayarlo?
- ¿Qué procedimiento de ensayo debe utilizarse?

Todas estas cuestiones siguen debatiéndose a nivel científico, lo que no ha impedido que se reglamente sobre ello. Como en tantos otros campos, la necesidad de limitar los riesgos para evitar accidentes, que en este caso son muy frecuentes, ha obligado a regular esta cuestión, aunque sea sobre la base de la experiencia.

Antes de proseguir, veamos brevemente en qué consiste el fenómeno del deslizamiento. La forma en la que se produce el deslizamiento es bastante fácil de entender. En la figura 1, extraída de un artículo de G. A. Kime del UK Slip Resistance Group (Kime, 1991) se representa el momento en que el pie toca el suelo. En ese momento, se produce una fuerza inclinada que depende de muchas variables (velocidad, tamaño del paso, longitud de la pierna, etc.).

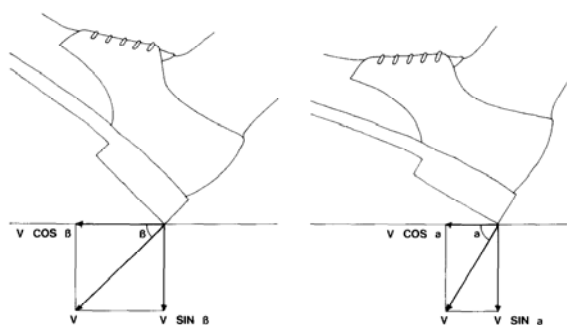


Figura 1: Teoría del deslizamiento

Esta fuerza inclinada puede descomponerse en una fuerza vertical y otra horizontal. La fuerza vertical provoca una reacción del suelo igual a ella. En cuanto a la fuerza horizontal, para que no se produzca el deslizamiento debe ser compensada con una fuerza de rozamiento igual a ella. Esta fuerza de rozamiento es la que debe proporcionar el suelo y es función del peso que se ejerce, o sea de la fuerza vertical aplicada. El coeficiente de fricción viene dado por el cociente H/V siendo H la fuerza horizontal y V la vertical.

Debido a la multitud de factores que intervienen en este fenómeno es difícil afirmar que exista un valor "seguro" universal, lo que sería muy práctico. Si se quiere optar por un enfoque práctico no se podrán contemplar todas las variables presentes en el riesgo de deslizamiento. Si se quiere un valor realmente "seguro" habrá que tener en cuenta cuestiones como la actividad que se desarrolla, el tipo de usuario, el tipo de suela, los contaminantes presentes, etc.

Desde el punto de la reglamentación de edificación solo puede regularse la **contribución del suelo al riesgo de deslizamiento**, suponiendo, en función de la actividad, el rango del resto de variables. En la tabla 1 figura una relación entre riesgo y coeficiente de fricción del suelo extraída del documento de referencia HB 197 An Introductory Guide to the Slip Resistance of Pedestrian Surfaces (HB 197, 1999)

Tabla 1: Relación entre riesgo y coeficiente de fricción

Terminología sobre riesgo de deslizamiento equivalente				Rango de coeficiente de fricción
Absolutamente no deslizante	Incuestionablemente seguro	Seguro para el mayor rango de paso y zancada	Deslizamiento altamente improbable	Betún en bruto
Sensiblemente no deslizante	Adecuadamente seguro	Seguro para paso y zancada rápidos	No deslizante a paso muy rápido	Depende del método de ensayo utilizado, así como de los requisitos de exposición y tráfico
Ligeramente no deslizante	Aceptablemente seguro	Seguro para paso y zancada rápidos y mínima atención	No deslizante a paso rápido	
No deslizante	Seguro	Seguro para paso y zancada normales y atención moderada	No deslizante con paso involuntario	Posiblemente de 0,35 a 0,46 ensayado en húmedo
Ligeramente deslizante	Ligeramente seguro	Seguro para paso y zancada normales con atención	No deslizante con cuidado razonable	Depende del método de ensayo utilizado, así como de los requisitos de exposición y tráfico
Sensiblemente deslizante	Ligeramente inseguro	Seguro para zancada reducida y paso precavido	No deslizante con precaución	
Extremadamente deslizante	Incuestionablemente inseguro	Seguro con zancada corta y extremo cuidado	Deslizamiento altamente probable si no se tiene extremo cuidado	Hielo

Como puede verse en esta tabla, no se considera que un suelo sea “seguro” en sí mismo, sino en función de su uso, la actividad que se desarrolle sobre él, la velocidad del usuario, el nivel de atención, etc. Vemos que suelos que son algo deslizantes pueden calificarse de “seguros para zancada reducida y paso precavido” o incluso “no deslizantes con precaución”.

1.2. Un riesgo importante

Conviene recordar la importancia de este riesgo, que a primera vista puede parecer pequeña. Aunque las consecuencias de un deslizamiento en muchos casos son leves, el número de accidentes es tan elevado que en términos globales se trata de riesgo de gran importancia. Además, una parte de estos accidentes tienen consecuencias importantes.

Veamos algunos datos estadísticos de otros países. Ya en 1981 Strandberg y Lanshammar (1981) consideraban los deslizamientos como una de las causas más comunes de accidentes. Las caídas (en general, no únicamente por deslizamiento) suponían el 40% de los 4000 accidentes fatales anuales en Suecia. En cuanto a los accidentes no fatales, el 26% de los 3 millones de días de trabajo perdidos debidos a accidentes laborales también se debían a caídas.

Según Proctor y Coleman (1988) en 1981 y 1982 los deslizamientos, tropiezos o caídas al mismo nivel supusieron cerca de 75.000 accidentes con más de 3 días de pérdida de trabajo, lo que supone el 18 % de los accidentes (en algunos sectores industriales esta proporción crece hasta un 33 %). El coste anual estimado de estos accidentes para el estado es de unos 180 millones de libras (en precios de 1984).

En el artículo de Lin (1995) se menciona que las caídas son la segunda causa de accidente mortal en Estados Unidos, y la primera cuando hablamos de muertes accidentales de personas de más de 79 años. En 1991 las muertes debidas a caídas en lugares y públicos y en hogares llegaron al 26 % y 30 % respectivamente del total, según datos del National Safety Council.

Según Barnett (2002) en 1974 las caídas en Estados Unidos eran la causa de 9.600 muertes anuales y 1.600.000 heridos con secuelas de incapacidad permanente o temporal. Beshorner (2007) indica que los resbalones, tropiezos y caídas son el origen de entre el 20 % y el 40 % de los problemas de incapacidad en el mundo desarrollado.

En España, el informe sobre Detección de accidentes domésticos y de ocio de 2007 establece que el 44,1 % de los accidentes son debidos a caídas. Más de la mitad de estas caídas (el 26,6 % del total) son caídas al mismo nivel, aunque no se especifica si se trata de deslizamientos o tropiezos.

En resumen, la importancia del riesgo de deslizamiento es sorprendentemente alta.

2. La resistencia al deslizamiento en el marco normativo actual

2.1. Directiva de Productos de Construcción

La directiva de productos de construcción (Directiva 89/106 CEE, 1989) que data de 1989, estableció una serie de requisitos esenciales entre los que se encontraba el de Seguridad de Utilización, definido según la propia directiva de la siguiente forma:

Las obras deben proyectarse y construirse de forma que su utilización o funcionamiento no supongan riesgos inadmisibles de accidentes como resbalones, caídas, colisiones, quemaduras, electrocución o heridas originadas por explosión

La directiva se acompañó de una serie de documentos interpretativos de cada requisito esencial. Si acudimos a la definición de este requisito esencial en su documento interpretativo encontramos los siguientes párrafos:

Caída por resbalamiento

El rendimiento exigido a la obra consiste en establecer un límite de resbaladidad del suelo o pavimento y en limitar cambios repentinos de la misma. Esta resbaladidad depende de las características inherentes a la superficie del suelo y de circunstancias tales como la presencia de grasa o agua en la superficie.

(. . .)

Caída por resbalamiento

En caso de que la superficie del suelo o pavimento esté formada por la cara superior de un producto prefabricado, la resbaladidad del producto, caracterizará la resbaladidad de las obras teniendo en cuenta la forma final de la superficie después de su colocación. Deberán establecerse normas armonizadas que definan el método (en la medida de lo posible, único) y las condiciones de cuantificación de la resbaladidad del suelo en las que se tengan en cuenta los diversos parámetros:

- *suelos u otras superficies pertinentes: pies descalzos o calzados de diversas maneras;*
- *estado de la superficie: seca, mojada, helada, grasienta, pulida.*

Son necesarias clases de resbaladidad. Esta clasificación atendería al hecho de que los requisitos en este campo sólo existen para algunas aplicaciones específicas.

También deberán tenerse en cuenta los efectos del envejecimiento por uso, de la intemperie y del mantenimiento.

No solo se estableció claramente la necesidad de establecimiento de un método de ensayo, que además en la medida de lo posible debería ser único, sino que se aludió a la necesidad de tener en cuenta el estado de la superficie.

2.2. El CTE

En el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE 28 de marzo de 2006) [54] se regula por primera vez el riesgo de caída debido al deslizamiento de los suelos. El Documento Básico SUA, que regula la seguridad de utilización, incorpora un apartado en la sección SUA 1 "Seguridad frente al riesgo de caídas" que establece condiciones a los suelos de los edificios en relación con su resistencia al deslizamiento.

Algún tiempo después de su aprobación la administración detectó algunos problemas. En el asunto que nos ocupa, la redacción del CTE limita de forma casi total la disposición de suelos pulidos en cualquier zona del edificio, aunque se trate de zonas secas, debido a que el ensayo se realiza siempre en condiciones húmedas, en las cuales los suelos pulidos tienen un comportamiento bastante deficiente. Una de las posibles soluciones a este problema sería habilitar el ensayo en seco.

3 Sobre el ensayo del coeficiente de fricción

3.1 El ensayo

Uno de los problemas más tratados además del de la relación entre el riesgo y el coeficiente de fricción del suelo es la propia medida del coeficiente de fricción del suelo. En este sentido existen bastantes ensayos, cada uno con sus virtudes y sus defectos.

Sin embargo, y a pesar de estas pequeñas diferencias, se considera que una medida de la resistencia al deslizamiento es la forma más útil de establecer la contribución del suelo al riesgo de deslizamiento.

Los métodos de ensayo más frecuentemente utilizados son los siguientes:

- El péndulo de fricción (con distintas gomas) tanto en húmedo como en seco
- La rampa, con diversos contaminantes y con pies calzados o descalzos.

- Otro tipo de ensayos, mayoritariamente deslizadores tanto estáticos como dinámicos. Hay muchos equipos distintos.

Existen muchos estudios que han comparado varios de estos métodos (James, 1985; Proctor et al., 1988). Las conclusiones generalmente apuntan, como ya se ha comentado, a diferencias entre los distintos métodos debidas a los distintos funcionamientos de los aparatos. La discusión sobre cuál de los métodos describe con mayor precisión el deslizamiento real de las personas sigue abierta.

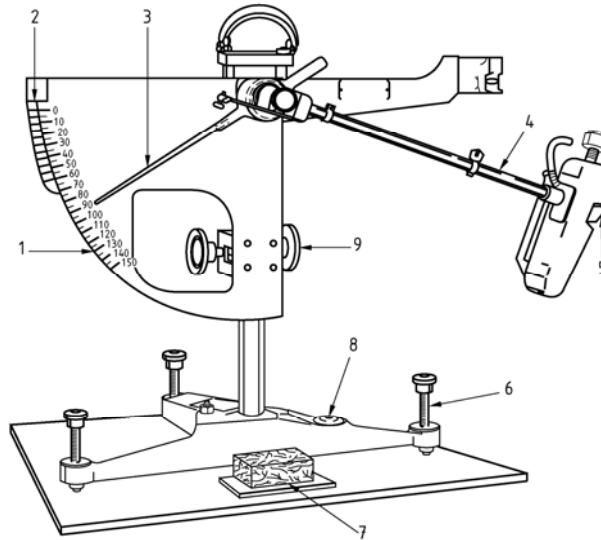


Figura 2: El ensayo del péndulo de fricción

El método escogido por la reglamentación española es el método del péndulo de fricción (figura 2). Este ensayo puede realizarse tanto en condiciones húmedas como en condiciones secas.

3.2 ¿Porqué ensayar en seco?

La propuesta de inclusión del ensayo en seco viene motivada por las siguientes consideraciones:

- En primer lugar conviene recordar que antes de la aparición del CTE en 2006 no existía reglamentación sobre resbaladicidad de los pavimentos. En algunas normas se indicaba que el suelo debía ser antideslizante, o que no debía ser deslizante, pero al no establecer ninguna forma para medir dicha propiedad, esta obligación quedaba sin efecto real. Por lo tanto, se partía de una situación en la que prácticamente no existía limitación a la hora de disponer cualquier pavimento en cualquier zona.
- Durante la redacción del CTE se encontraron serias dificultades en la determinación de este parámetro.
 - Para empezar, no se encontró reglamentación de obligado cumplimiento en los países de nuestro entorno que pudiera servir como modelo.
 - A pesar de lo establecido en el documento interpretativo sobre Seguridad de Utilización, existe una dispersión de procedimientos de ensayo con el péndulo de fricción en numerosas normas de producto de pavimentos. Debido a esta dispersión, que impide que puedan correlacionarse exactamente los valores obtenidos por cada norma de producto, se planteó la necesidad de recurrir a una norma de ensayo genérica, independiente del material. Esta opción tiene la ventaja adicional de que puede aplicarse en materiales que se dispongan en el suelo aunque no se trate propiamente de productos denominados "pavimentos".
 - Finalmente se hizo referencia a la norma UNE ENV 12633:2003, experimental, debido a que se trata de la única norma que establece un ensayo genérico, independiente del material.
 - Esta norma únicamente contiene el procedimiento de ensayo en húmedo, aunque se hubiera preferido una norma que contuviera los dos procedimientos, húmedo y seco.
 - A pesar de las dificultades, dado que el requisito de seguridad utilización incluía claramente este riesgo (véase el documento interpretativo nº4 de la Directiva 89/103/CEE de Productos de Construcción), y que además se tiene constancia de que se producen accidentes, la administración consideró necesario regular este requisito.
- La inclusión de estas condiciones ha provocado que un gran número de suelos, en particular los que tienen un acabado muy pulido, no pueden disponerse ni siquiera en zonas secas del edificio. Desde

la Administración no se considera que todos ellos, instalados muy frecuentemente en edificios anteriores al CTE, supongan riesgos inadmisibles en zonas secas, sino únicamente una parte de ellos, o cuando se disponen en zonas húmedas.

- Todo lo anterior conduce a la propuesta de inclusión del ensayo en seco únicamente para los suelos que se dispongan en zonas secas del edificio. Esta propuesta no tiene ningún carácter sectorial pues afecta por igual a todos los tipos de pavimentos, en la medida en que existen suelos con estas características en todos ellos (piedra, cerámica, hormigón, madera, etc.)

3.3. Riesgo de presencia de agua

Una frecuente objeción a esta propuesta es que la peor situación posible de un suelo es que esté húmedo, por lo que hay que considerar siempre el riesgo de deslizamiento en húmedo. Sin embargo, esto no es así y conviene aclararlo.

El riesgo contemplado actualmente en zonas secas es el de deslizamiento con el suelo seco. La actual clasificación exigible a los suelos así lo evidencia, al pedir un valor R_d comprendido entre 15 y 35 para estas zonas, claramente insuficiente en el supuesto de presencia de agua (es cierto que en muchas zonas del edificio donde no se prevé la presencia de agua, circunstancialmente puede darse, por ejemplo durante la limpieza, por lo que deberán adoptarse medidas de otro tipo en esos casos, como la limitación del paso durante la limpieza). La clase exigida actualmente no representa adecuadamente el riesgo contemplado puesto que, aunque exige un valor menor para estas zonas al establecido para zonas húmedas, dicho valor se obtiene ensayando en húmedo.

La introducción del ensayo en seco, utilizable exclusivamente en pavimentos dispuestos en zonas secas, no modificaría el enfoque actual sobre los riesgos considerados, y permitiría una evaluación del riesgo contemplado para zonas secas más apropiada.

3.4 Riesgo por contaminantes sólidos

Otro de los problemas estudiados en la literatura científica, relacionado únicamente con el ensayo en seco es el riesgo que supone la presencia de contaminantes sólidos. En efecto, una de las principales debilidades del ensayo en seco es que se realiza con el suelo limpio, mientras que durante el uso del edificio se da inevitablemente la presencia de contaminantes sólidos (polvo, suciedad, etc.) que pueden modificar de forma significativa la resistencia al deslizamiento de los suelos.

Aunque esto es cierto, en algunos países como Australia o Nueva Zelanda se ha optado por mantener dicho ensayo con las advertencias y cautelas necesarias, frente a otras opciones que eliminan esta debilidad a costa de perder representatividad de las condiciones en las que se produce el riesgo.

3.5 Efecto de la rugosidad

Por último, el asunto más preocupante encontrado en este estudio de literatura científica se refiere al efecto de la rugosidad cuando se ensaya en seco. Existe un debate científico sobre la conveniencia de establecer el péndulo en seco como ensayo debido a ello. Hay estudios que sostienen que los valores del ensayo en seco aumentan cuando se reduce la rugosidad del material (Mills et al., 2009), lo que daría lugar a la inclusión de suelos peligrosos. Otros artículos indican que el ensayo del péndulo es fiable y apropiado tanto en seco como en húmedo (Ricotti et al., 2009). Analizaremos si este efecto se produce en la campaña de ensayos.

4 Campaña de ensayos

4.1 Elección de las muestras

En la elección de las muestras se ha pretendido obtener el mayor número de suelos que representan el problema del ensayo en seco para zonas secas. Se trata, por lo tanto, mayoritariamente de suelos pulidos que tienen dificultades para obtener un valor de 15 en el ensayo en húmedo. En la primera tanda se seleccionaron los siguientes:

- Terrazos pulidos: se escogieron 9 muestras, provenientes de una investigación en la que se aplicaban distintos acabados a distintos tipos de terrazo. En este caso se escogieron 3 acabados y 3 tipos de terrazo, con todas sus combinaciones.
- Mármoles pulidos: se escogieron 8 mármoles distintos.
- Granitos: De los granitos se estudiaron tanto acabados pulidos (6 muestras) como apomazados (7 muestras).
- Otras piedras: además de las piedras mencionadas se ensayaron dos Gneiss y un travertino.

- Maderas barnizadas: se escogieron 11 muestras de madera barnizada
- Hormigones pulidos: se escogieron 11 muestras.
- Pavimentos resilientes: aunque no están dentro de la categoría de suelos pulidos, debido a su comportamiento algo diferenciado respecto al ensayo del péndulo, se juzgó interesante ensayar algunos pavimentos resilientes.

4.2 Análisis descriptivo

Los datos se estructuran en grupos de materiales. La figura 3 muestra los datos agrupados por materiales a la misma escala lo que permite compararlos visualmente. No se han incluido los datos de los suelos resilientes debido a que se trataba de datos orientativos obtenidos a partir de una única muestra para cada tipo.

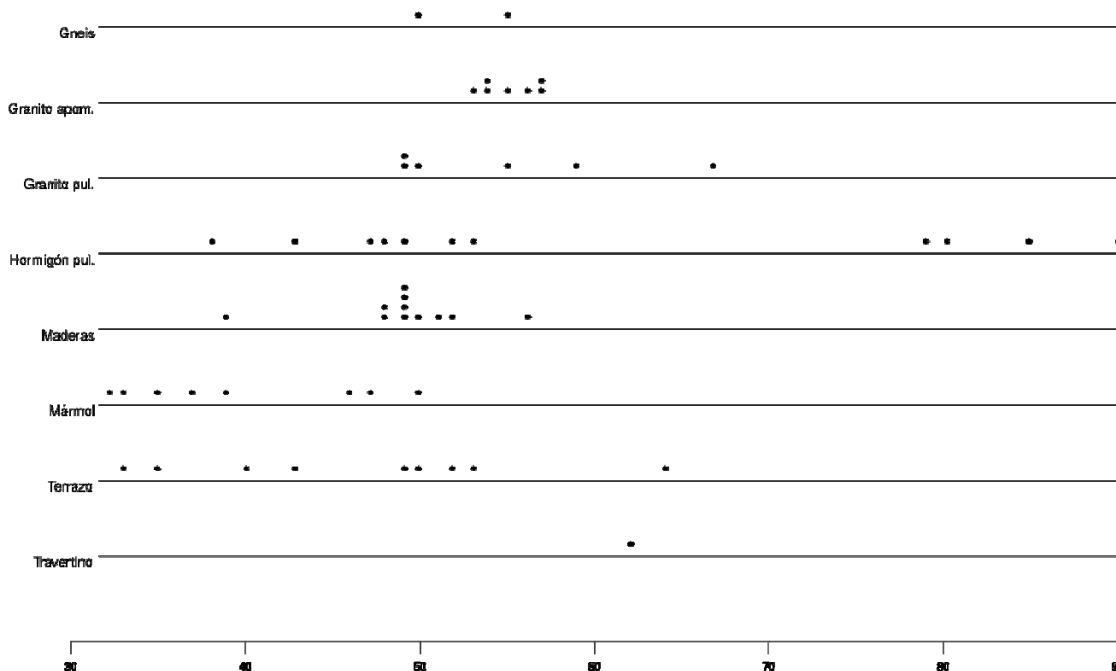


Figura 3: Resultados

En general se observa que los datos de cada material forman grupos claros con medias distintas. También se observa que las varianzas no son iguales en todos los materiales, presentando algunos mayores dispersiones que otros. En el caso de los hormigones pulidos hay 4 datos que se diferencian claramente del resto. Se analizó cuál podía ser la razón. Se descubrió que en esos cuatro suelos se añade un árido en la parte final del proceso que consigue aumentar mucho la rugosidad final. Por lo que diferenciaremos entre dos grupos: "Hormigones pulidos I" y "Hormigones pulidos II".

En la tabla 2 se muestran las principales medidas de localización y dispersión de los datos.

Tabla 2: Medidas de localización y dispersión de los datos

Grupo	Número de muestras	Media	Desviación típica
Terrazos	9	46,56	9,79
Mármoles	8	39,88	6,90
Granitos pulidos	6	54,83	7,17
Granitos apomazados	7	55,14	1,57
Maderas	11	49,09	4,06
Hormigones pulidos I	7	47,14	5,21
Hormigones pulidos II	4	83,50	5,07
Otros	3	-	-
Total	55	51,53	

4.3 Análisis de varianza

El análisis de varianza se muestra en la tabla 3 y permite concluir con una confianza superior al 99 % que existen diferencias entre los distintos materiales.

Tabla 3: Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Cociente F	Valor p
Material	6	5744,96	957,49	24,267	$1,35 \cdot 10^{-12}$
Residuales	45	1775,55	39,46		
Total	51	7520,51			

En la figura 4 se puede ver un análisis de varianza gráfico¹, en el que se han escalado las desviaciones por tipo de material para que sean comparables con las de los residuales.

Para comprobar si las varianzas son muy distintas para los diferentes materiales ensayados y detectar posibles problemas en el análisis, podemos observar las figuras 5 y 6 en donde se representan los residuales para cada material y los residuales en función de los valores ajustados, respectivamente. Tal y como se observa en las figuras, no hay razones para sospechar varianzas distintas entre los materiales.

Por lo tanto, podemos considerar que el cuadrado medio de los residuales de la tabla Anova (39,46) es una estimación de la varianza σ^2 . A partir de estos datos, y asumiendo una distribución normal de cada material, se pueden estimar las probabilidades de rechazo en cada uno de ellos si se tomara un valor límite dado. En este caso, los valores límite que se están considerando son 35 y 40.



Figura 4: Anova gráfico

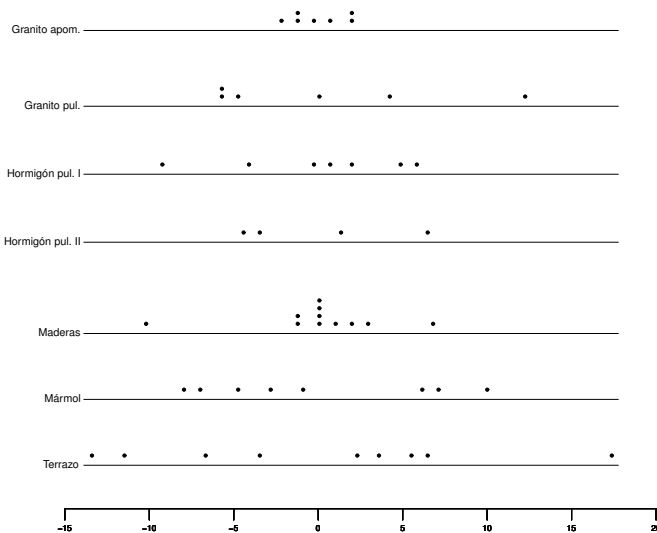


Figura 5: Residuales para cada material

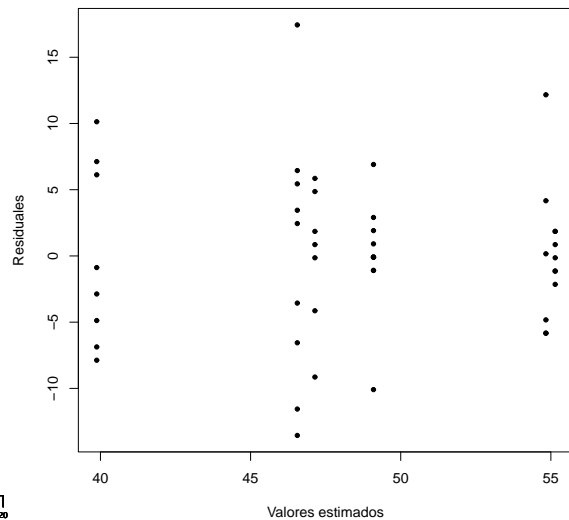


Figura 6: Residuales frente a valores estimados

Tabla 10: Probabilidad de rechazo para los valores límite 35 y 40

¹ Según el método descrito en BOX, HUNTER Y HUNTER en *Estadística para investigadores*.

Material	35	40
Granito apomazado	0,1 %	0,8 %
Granito pulido	0,1 %	0,9 %
Madera	1,2 %	7,4 %
Mármol	21,9 %	50,8 %
Terrazo	3,3 %	14,8 %
Hormigón pulido I	2,7 %	12,8 %

5 Conclusiones

- A nivel científico siguen estando abiertas muchas cuestiones relacionadas con la medida del deslizamiento y su relación con el riesgo. Sin embargo, en el estado actual del conocimiento es razonable utilizar un método de ensayo para medir la contribución del suelo a dicho riesgo.
- Entre los ensayos existentes, el péndulo de fricción está ampliamente aceptado en húmedo y con algunas reservas en seco.
- La utilización de un ensayo en seco presenta por un lado algunas debilidades relacionadas con la contaminación sólida del suelo durante su uso, y por otro ventajas en cuanto a una representación más apropiada del riesgo considerado en zonas secas.
- La posibilidad de empeoramiento del comportamiento frente al deslizamiento en seco provocada por la presencia de contaminantes sólidos debe tenerse en cuenta a la hora de utilizar ensayos en seco, pero no lo inválida. De hecho, es el método utilizado en otros países.
- Respecto al efecto de la rugosidad en suelos pulidos ensayados en seco existen algunas dudas y algunos estudios consideran que los suelos muy pulidos, debido a una mayor adherencia de la goma, pueden obtener resultados excesivamente altos, por lo que el ensayo del péndulo en seco podría aceptar suelos peligrosos como válidos.
- En los ensayos realizados no se ha observado el efecto indicado por Mills (2009), es decir una tendencia a mejor en suelos más pulidos. Los suelos más pulidos, tales como mármoles o terrazos pulidos han obtenido valores peores, por lo que en principio no se considera significativo este efecto.
- En cuanto a los valores posibles que se pueden adoptar, a partir de los datos se obtienen la incidencia que tendrían en cada tipo de material. Los valores que se han considerado son 35 y 40, por ser los que más frecuentemente aparecen en normas y reglamentaciones.

Según esto, un valor razonable que podría adoptarse es 35, valor que se pide en el ensayo en húmedo para zonas húmedas.

Si se quiere adoptar un valor más conservador para evitar riesgos derivados de problemas conocidos de este ensayo, podría utilizarse el valor de 40 en seco, presente en literatura específica y normas de producto.

Un dato importante para tomar la decisión es la probabilidad de rechazo para cada uno de los materiales que supone el valor límite que se escoja y que figura en la tabla 10 para los valores 35 y 40.

La opinión de los autores de este trabajo es que el valor de 40, más conservador, sería más apropiado debido a que:

- Se encuentra en normativas de otros países
- Se encuentra en normas nacionales
- Ofrece un margen de seguridad que permite que el problema del riesgo relacionado con contaminantes sólidos se mitigue en parte.

6 Bibliografía

- Barnett, Ralph Lipsey, 2002. "slip and fall" theory—extreme order statistics. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 8(2), 135 – 158
- Beschorner, Kurt E.; Redfern, Mark S.; Porter, William L. y Debski, Richard E., 2007. Effects of slip testing parameters on measured coefficient of friction. *Applied Ergonomics* 38(6), 773 – 780

Directiva 89/106/CEE de productos de construcción, 1989. “relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción”. Comisión Europea.

HB 197, 1999. “An Introductory Guide to the Slip Resistance of Pedestrian Surface Materials”. Standards Australia.

James, D. I. 1985. Slip resistance tests for flooring: Two methods compared. *Polymer Testing* 5(6), 403 – 425

Kime, G. A. 1991 “Slip resistance and the UK Slip Resistance Research Group”. *Safety Science* 14(3-4), 223-229

Lin, Lee-Jean; Chiou, Fu-Tien y Cohen, H. Harvey, 1995. Slip and fall accident prevention: A review of research, practice, and regulations. *Journal of Safety Research* 26(4), 203 – 212

Mills, R.; Dwyer-Joyce, R.S. y Loo-Morrey, M. 2009. The mechanisms of pedestrian slip on flooring contaminated with solid particles. *Tribology International* 42(3), 403 – 412

Proctor, Thomas D. y Coleman, Victor, 1988. Slipping, tripping and falling accidents in Great Britain – present and future. *Journal of Occupational Accidents* 9(4), 269 – 285

Ricotti, R.; Delucchi, M. y Cerisola G. 2009. A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 39(2), 353 – 357

Strandberg, Lennart y Lanshammar, Håkan, 1981. The dynamics of slipping accidents. *Journal of Occupational Accidents* 3(3), 153 – 162

UNE-ENV 12633:2003. “Método de la determinación del valor de la resistencia al deslizamiento/resbalamiento de los pavimentos pulidos y sin pulir”. AENOR.