EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO DE PAVIMENTOS

A. Muñoz, G. Silva, R. Domínguez, A. Salvador, P. Velasco

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón. España.

RESUMEN

En la actualidad, la evaluación de las prestaciones antideslizantes de los pavimentos cerámicos se efectúa sobre muestras del producto a la salida de fábrica y por lo tanto solamente permite obtener información de cuál será su comportamiento recién instalado. Estudios previos confirman que los pavimentos pueden reducir su resistencia al deslizamiento debido al desgaste provocado por el tránsito de personas sobre su superficie. Esto puede provocar que, tras pocos años de uso, algunos pavimentos dejen de ser adecuados para el uso para el que fueron diseñados.

El principal objetivo de este trabajo es el desarrollo de un método de desgaste acelerado de laboratorio que sea capaz de simular los cambios originados en la resistencia al deslizamiento debidos al desgaste real que sufren los pavimentos.

Para ello, en primer lugar, se ha realizado un estudio y recopilación de la bibliografía existente sobre los métodos de desgaste actualmente disponibles. Uno de los puntos importantes a considerar es que resulta necesario generar una superficie desgastada suficientemente grande para poder medir posteriormente la resistencia al deslizamiento mediante el método del péndulo.

Al mismo tiempo, se ha realizado un estudio in situ para evaluar los cambios reales que sufren las baldosas, derivados del desgaste por tránsito peatonal. Para ello, se han instalado baldosas antideslizantes como pavimento de una zona de autoservicio en la que se ha llevado a cabo un control del número de personas que transitaban sobre la superficie en estudio. Se ha utilizado un sistema de instalación sin adhesivos para permitir la retirada y reposición de las baldosas, con objeto de medir periódicamente en el laboratorio su resistencia al deslizamiento.

A partir del estudio bibliográfico inicial, se ha seleccionado un equipo de desgaste de laboratorio y se han evaluado las variables que pueden afectar al proceso de desgaste. Se han considerado de especial importancia el tipo de material abrasivo, el desplazamiento de dicho material sobre la superficie de la baldosa, así como la velocidad de desplazamiento.

Por último, se ha realizado una comparativa entre los resultados preliminares procedentes del estudio en condiciones reales de uso y los obtenidos mediante el equipo de desgaste utilizado en el laboratorio.

1. ANTECEDENTES

Existen métodos de ensayo normalizados [1-3] para medir la resistencia a la abrasión de los pavimentos, pero dichos métodos son únicamente útiles para evaluar cambios de aspecto o brillo y no permiten analizar la influencia del proceso de desgaste en la fricción de la superficie, ya que las zonas desgastadas mediante estos procedimientos son demasiado reducidas y no homogéneas para permitir evaluar el coeficiente de fricción con los métodos actualmente utilizados (péndulo, rampa y tribómetro).

Por ello, para poder estudiar a escala de laboratorio cómo afectan los cambios superficiales del pavimento en su comportamiento antideslizante, es necesario desarrollar un método que permita generar superficies desgastadas que simulen el proceso real y que tengan un área homogénea de suficiente extensión para poder evaluar su resistencia al deslizamiento.

Actualmente, no hay métodos normalizados para evaluar la resistencia al deslizamiento a largo plazo, sin embargo, podemos mencionar el método para el desgaste acelerado desarrollado por C.J. Strautins [4-5]. Este método se basa en el uso de una máquina con la que se llevan a cabo los ensayos de lavabilidad y desgaste en el sector de pinturas (Gardco). Esta máquina tiene un deslizador de movimiento lineal, al que pueden fijarse distintos materiales abrasivos (estropajos) con diferente grado de abrasión. Mediante dicho procedimiento obtuvo probetas desgastadas de suficiente tamaño para poder medir posteriormente el deslizamiento mediante el método del péndulo. Comparando las medidas de péndulo realizadas in situ en un restaurante de gran afluencia de personas con las medidas realizadas a las probetas desgastadas en laboratorio mediante este equipo concluyó que 500 ciclos de desgaste (con un tipo de estropajo abrasivo y en unas condiciones de presión definidas) podían reproducir el mismo nivel de desgaste originado en dicho restaurante tras un año de uso. Pero como el área desgastada no era suficiente para poder realizar ensayos de rampa, utilizando una máquina de pulir suelos provista de unas almohadillas abrasivas, logró reproducir de forma aproximada el mismo desgaste que con la máquina Gardco en un área mayor, suficiente para realizar el ensayo de la rampa.

Posteriormente, M. Engels [6-7] desarrolló un procedimiento de desgaste utilizando una máquina de pulido de suelos con discos abrasivos adecuados, que validó comparando las topografías medidas in situ respecto a las obtenidas con el método de laboratorio desarrollado. A partir de esta información, obtuvo la correlación de que 20 ciclos de abrasión de dicho método reproducían 1,5 años en un área de elevado tránsito con suciedad abrasiva (hipermercado, centro comercial, vestíbulo de una estación de tren).

En el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) se lleva estudiando esta problemática desde hace más de 15 años y se han realizado varios proyectos encaminados a encontrar un método de desgaste acelerado adecuado. A. Muñoz y G. Silva [8] desarrollaron un método de desgaste utilizando una pulidora semi-industrial que dispone de un cabezal de pulido al que se pueden fijar diferentes elementos abrasivos. Se efectuaron dos estudios in situ en condiciones reales de uso en los que se midió la resistencia al deslizamiento tras diferentes periodos de tiempo en los que era conocido el número de personas que habían transitado sobre la superficie de las baldosas. A partir de esta información se estudiaron y modificaron las variables del equipo de pulido para ajustar el nivel de desgaste al producido en condiciones reales.

Posteriormente, A. Muñoz [9] completó dicho trabajo estudiando, además de la variación de la resistencia al deslizamiento con el desgaste, la modificación de los parámetros superficiales de 54 tipos de superficies cerámicas.

Aunque este equipo, una vez ajustadas las diferentes variables, es capaz de simular de forma bastante precisa las condiciones de desgaste real debidas al tránsito peatonal, no puede considerarse un "equipo de laboratorio", sino más bien un equipo a escala planta-piloto o semi-industrial. Por ello, en el presente trabajo se pretende buscar un equipo más sencillo que sea igualmente capaz de reproducir el desgaste en condiciones reales.

2. DESARROLLO DEL MÉTODO DE DESGASTE ACELERADO

Para el desarrollo del estudio, se utilizó el equipo Elcometer® de características similares al equipo Gardco y que permite, además, modificar la longitud de desplazamiento del elemento abrasivo.

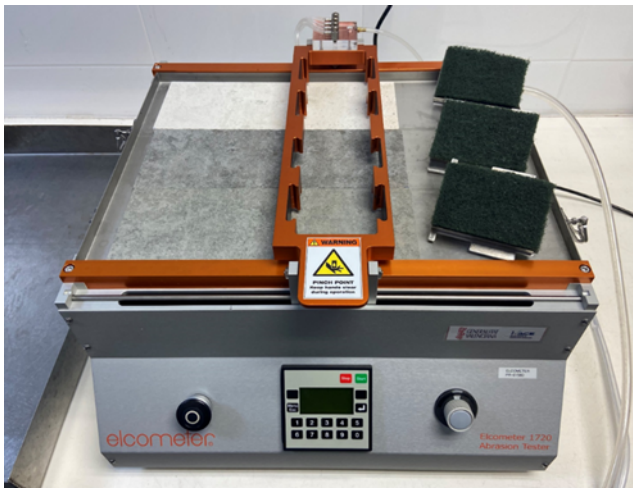


Figura 1 *Equipo Elcometer®*

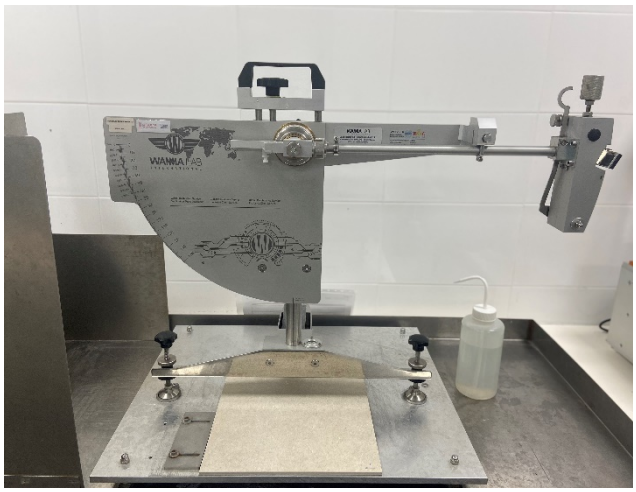


Figura 2 *Equipo Péndulo de fricción*

Para la medida de la resistencia al deslizamiento, se utilizó el método descrito en la norma UNE-EN 16165 [12] "Determinación de la resistencia al deslizamiento de superficies peatonales. Métodos de evaluación" Anexo C "Ensayo del péndulo". El ensayo se realizó en condiciones húmedas, saturando la superficie con agua y utilizando los dos tipos de deslizadores indicados en la norma: caucho 57 y caucho 96.

En el presente estudio, se planteó un estudio completo de las variables que podrían afectar al proceso de desgaste, algunas de las cuales no se habían considerado en estudios previos. Para ello, se seleccionó una baldosa antideslizante de acabado rugoso, cuya resistencia al deslizamiento se modificaba rápidamente con el desgaste, según información extraída de estudios anteriores.

2.1. TIPO DE MATERIAL ABRASIVO

En primer lugar, se estudió el efecto que podía provocar el material abrasivo utilizado. Existen múltiples tipos de almohadillas abrasivas en el mercado con diferentes grados de agresividad, algunas de las cuales ya habían sido estudiadas [4-5]. En dichos trabajos, se había optado finalmente por el uso de estropajo verde 3M Scotchbrite heavy duty scour pad Nº. 86. El presente trabajo se centró en ensayar varios tipos de estropajo con un poder abrasivo similar a este, que nos facilitase regular el nivel de desgaste para posteriormente ajustar el método a las condiciones reales de uso.

Para la realización de estas pruebas, se ajustaron el resto de las variables del equipo (presión, longitud de desplazamiento y velocidad de desplazamiento de la almohadilla abrasiva), a las establecidas en el método Gardco [4-5].

En la Figura 3 se ha representado, para cada una de las almohadillas seleccionadas, la evolución de la resistencia al deslizamiento (medida como PTV_{57}) en función de los metros de estropajo que han estado en contacto con la superficie de la baldosa a lo largo del proceso de desgaste. Se observaron diferencias muy ligeras entre los estropajos 3M verde Nº86, verde Nº96 y verde Classic, mientras que el estropajo 3M verde Brittex presentaba un poder abrasivo algo menor a los anteriores.

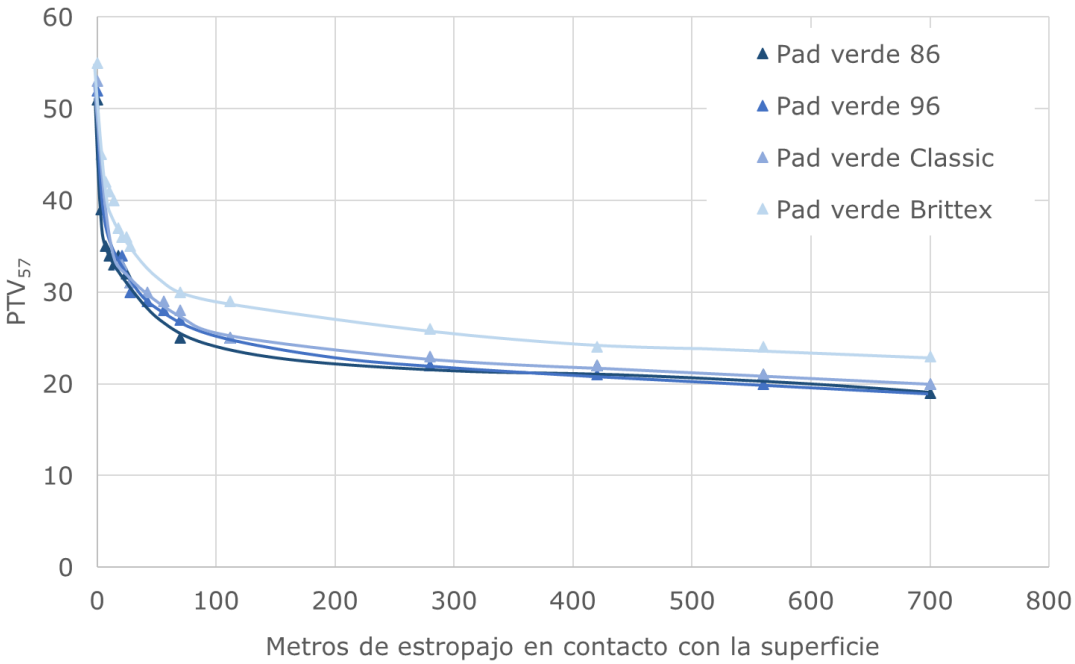


Figura 3 *Evolución de la resistencia al deslizamiento con el desgaste en función del tipo de almohadilla utilizada (Presión: 11,49 g/cm^2, Longitud desplazamiento: 30 cm, Velocidad lineal: 50 cm/s).*

2.2. PRESIÓN

La presión ejercida sobre las almohadillas abrasivas puede modificar de forma significativa el efecto provocado sobre la superficie de las baldosas. Por ello, se realizaron pruebas modificando el peso colocado sobre los estropajos abrasivos. Según podemos apreciar en la Figura 4, cuando disminuimos el peso que soporta la almohadilla, se reduce ligeramente el efecto abrasivo, aunque esta disminución no es significativa hasta que no reducimos la presión a 2,59 g/cm^2.

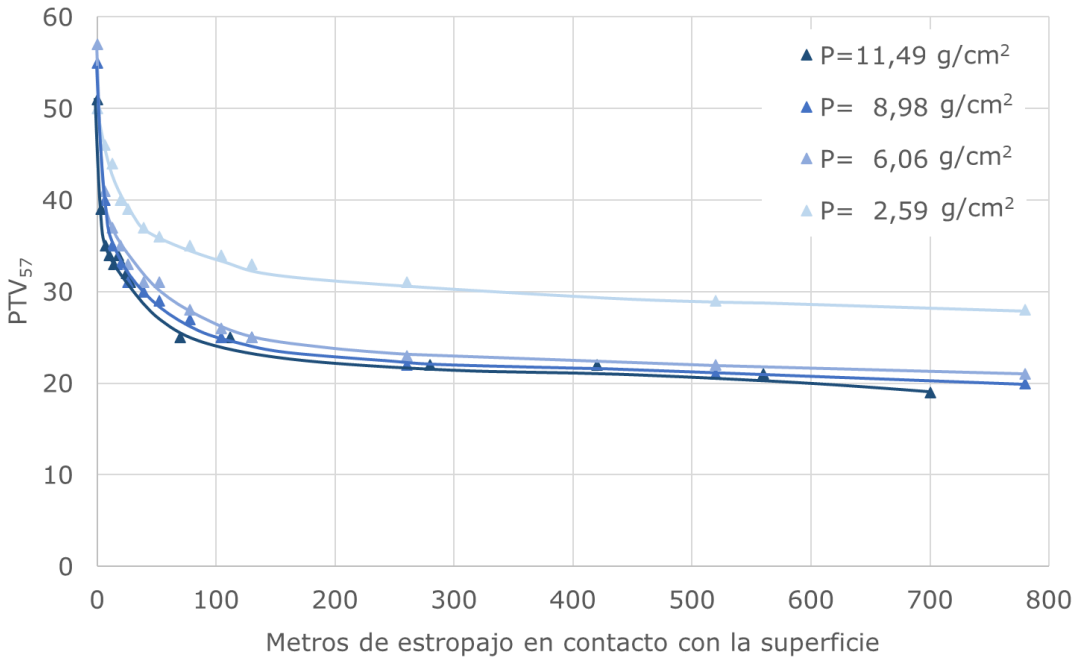


Figura 4 *Evolución de la resistencia al deslizamiento con el desgaste en función de la presión (Almohadilla: Pad verde 86, Longitud desplazamiento: 30 cm, Velocidad lineal: 50 cm/s).*

2.3. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL ELEMENTO ABRASIVO

Por otro lado, se evaluó el efecto que podía provocar la velocidad de desplazamiento del elemento abrasivo, observándose que, en el rango estudiado (de 4 a 50 cm/s), no afectaba de forma significativa al proceso de desgaste.

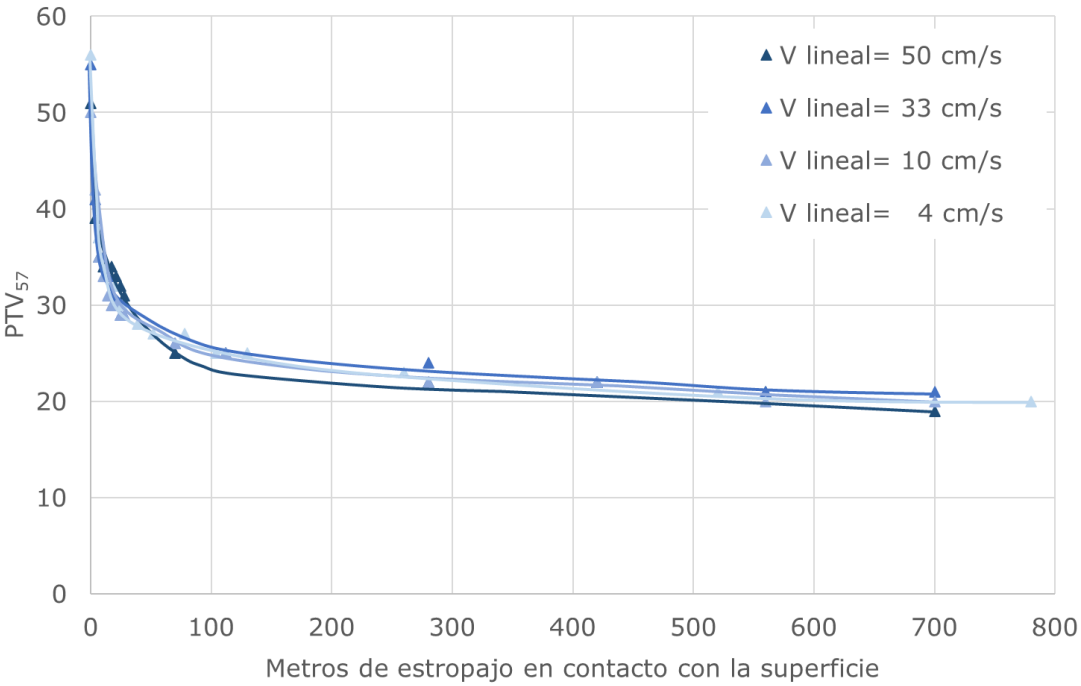


Figura 5 *Evolución de la resistencia al deslizamiento con el desgaste en función de la velocidad de desplazamiento (Almohadilla: Pad verde 86, Presión: 11,49 g/cm2, Longitud desplazamiento: 30 cm).*

2.4. LONGITUD DE DESPLAZAMIENTO DEL ELEMENTO ABRASIVO

Se estudió también la influencia de la longitud de desplazamiento del elemento abrasivo sobre el proceso de desgaste. Para ello, se compararon longitudes de desplazamiento de 30 cm, 5 cm y 2 cm. Se observó una reducción del desgaste al disminuir la longitud de desplazamiento, siendo prácticamente equivalentes las curvas de 5 y 2 cm de longitud de desplazamiento de la almohadilla abrasiva.

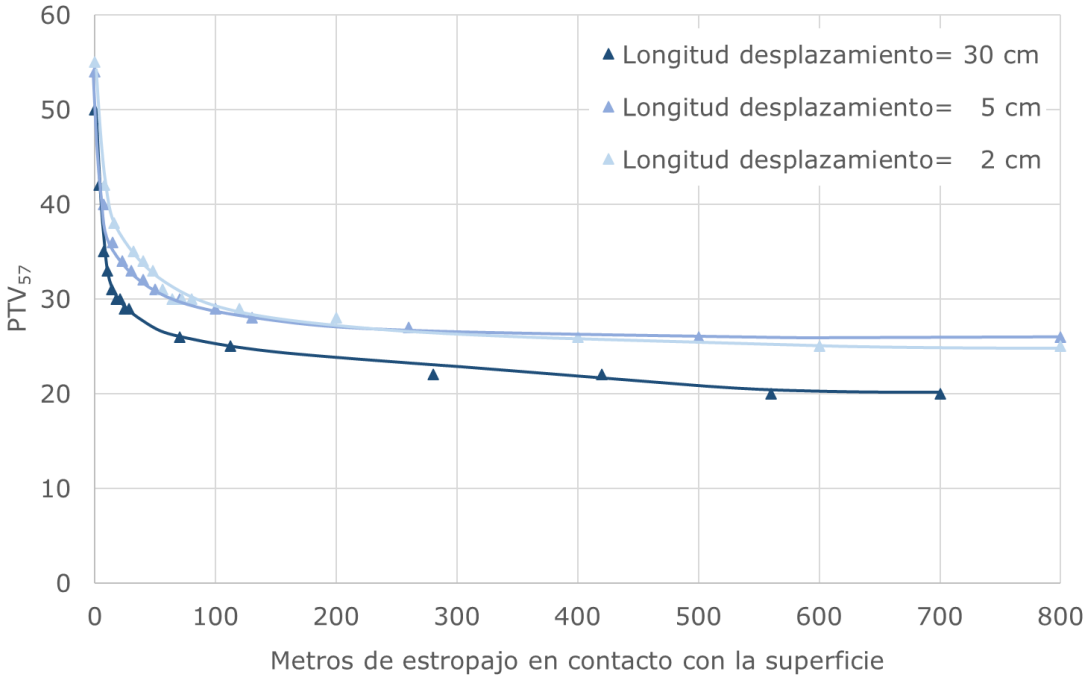


Figura 6 *Evolución de la resistencia al deslizamiento con el desgaste en función de la longitud de desplazamiento (Almohadilla: Pad verde 86, Presión: 11,49 g/cm^2, Velocidad lineal: 10 cm/s).*

3. ESTUDIO IN SITU EN CONDICIONES REALES DE USO

Se efectuó un estudio en condiciones reales de alto tránsito peatonal interior para determinar los cambios generados en las distintas tipologías de superficies. Para ello, se utilizó un sistema de instalación sin adhesivos para permitir la extracción y reposición de las piezas, con objeto de evaluar los cambios generados. Paralelamente, se registró mediante contadores ópticos el número de personas que han transitado sobre la superficie, con el fin de correlacionar los cambios observados con el volumen de tránsito real.

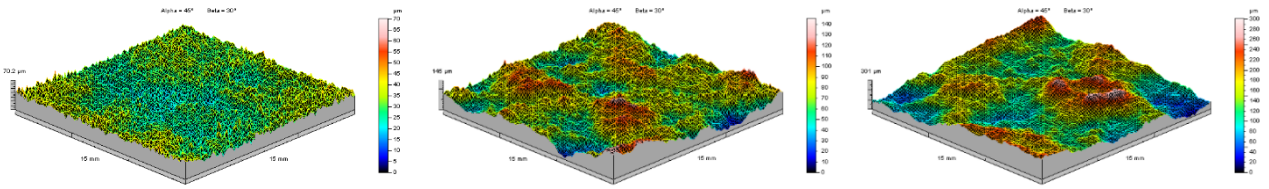
Para el estudio de desgaste en condiciones reales de uso, se seleccionaron muestras de distintas tipologías de pavimentos cerámicos antideslizantes.

En las muestras seleccionadas se realizaron medidas de resistencia al deslizamiento mediante el método del péndulo utilizando caucho 57 y caucho 96 con el objetivo de caracterizarlas inicialmente.

Muestra	Descripción	PTV_{57} húmedo	PTV_{96} húmedo
1	Baldosa esmaltada superficie con textura	55	60
2	Baldosa esmaltada superficie con textura	43	51
3	Baldosa esmaltada superficie con relieve	32	45
4	Baldosa esmaltada superficie con textura	49	53
5	Baldosa esmaltada superficie con relieve	48	55
6	Baldosa esmaltada superficie con textura	51	34
7	Baldosa esmaltada superficie lisa rugosa	43	51
8	Baldosa esmaltada superficie con textura	55	59

Tabla 1. *Medidas iniciales de resistencia al deslizamiento PTV.*

A modo de ejemplo, en la Figura 7 se presenta la topografía de una muestra correspondiente a cada tipo de acabado superficial.



Muestra 7
Superficie lisa rugosa

Muestra 2
Superficie con textura

Muestra 5
Superficie con relieve

Figura 7 *Mapas topográficos de muestras con diferentes acabados superficiales*

Para la realización de dicho estudio, se instalaron las baldosas seleccionadas en el pavimento del pasillo del autoservicio de uno de los comedores de la Universitat Jaume I (local interior con entrada directa desde el exterior y sin ningún sistema de retención de suciedad). Al ser un área de paso unidireccional, limitada por barandillas, se colocó un contador óptico en la salida junto a la caja registradora para cuantificar el número de personas que transitaban sobre las piezas objeto de estudio, colocadas en la zona central del paño (Figura 8).

Aunque la mayor parte de las muestras llevan ya colocadas más de un año y medio, el nivel de tránsito diario ha sido bastante menor al esperado, por lo que aún no se dispone de información a muy largo plazo del nivel de desgaste que se podría llegar a alcanzar.

Figura 8 *Zona de instalación de las muestras*

Los resultados obtenidos hasta el momento se muestran en las Figuras 9 y 10. Como se puede observar, todas las muestras presentan una pérdida progresiva de resistencia al deslizamiento en las etapas iniciales de uso, siendo más acusada esta pérdida cuando se realizan las medidas con caucho 96.

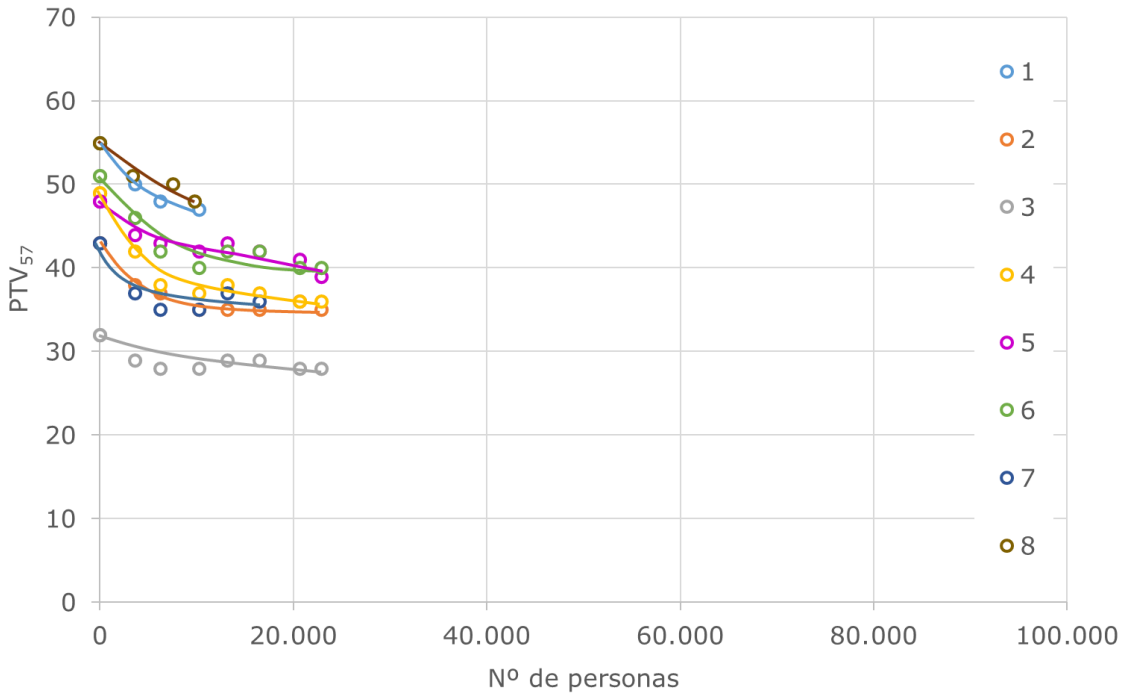


Figura 9 *Evolución de la resistencia al deslizamiento PTV57 de las muestras sometidas al estudio en condiciones reales de uso.*

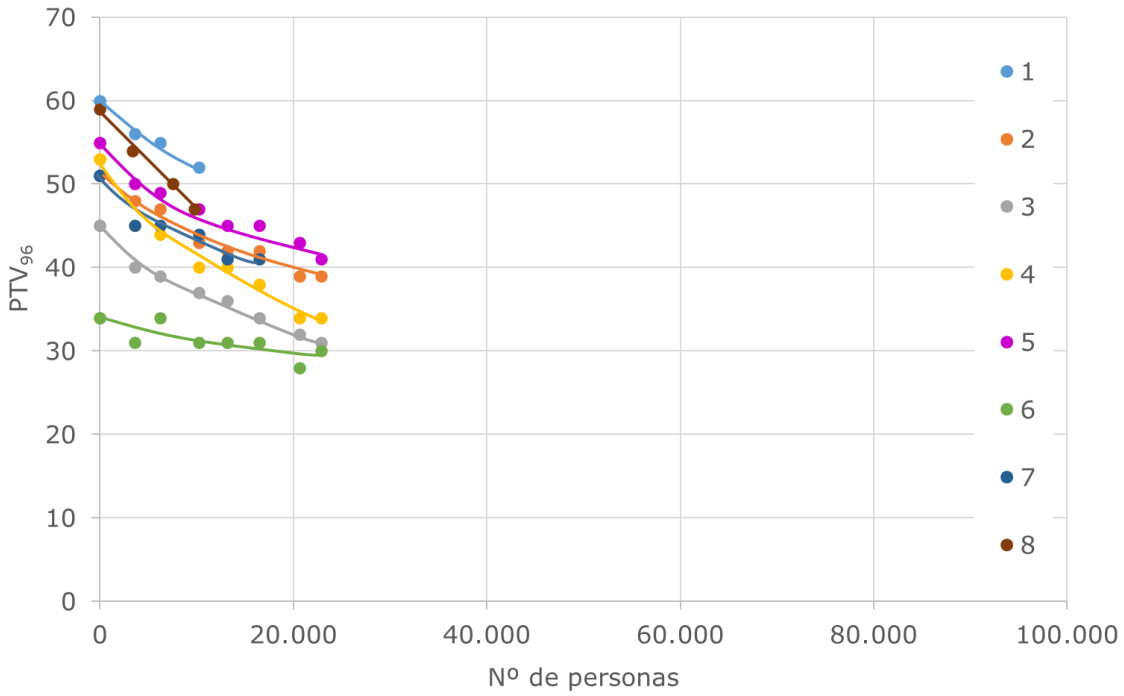


Figura 10 *Evolución de la resistencia al deslizamiento PTV_{96} de las muestras sometidas al estudio en condiciones reales de uso.*

4. ANÁLISIS PRELIMINAR DE RESULTADOS

A partir de los resultados que se obtendrán durante los próximos meses en el estudio en condiciones reales de uso, se ajustarán las variables que hemos estudiado en la primera parte del trabajo para reproducir lo más fielmente posible los cambios que se vayan observando en dichas condiciones reales.

Con los datos iniciales que se disponen actualmente del estudio in situ, se ha efectuado una comparativa respecto a los obtenidos realizando el desgaste en laboratorio usando el equipo Elcometer®. Para ello, se han mantenido las diferentes variables en los valores definidos por Strautins [4-5] utilizando el equipo Gardco (tipo de material abrasivo, presión, velocidad y longitud de desplazamiento).

En primer lugar, para la muestra 2 se ajustaron los valores de deslizamiento PTV_{96} medidos in situ a los valores obtenidos en laboratorio (Figura 11). Esta misma correlación se aplicó a las muestras 4 (Figura 12) y 5 (Figura 13). Como se puede observar, en la muestra 4 se ajustan razonablemente bien los valores de deslizamiento obtenidos en condiciones reales de uso y los valores medidos en laboratorio utilizando el procedimiento de desgaste acelerado. Sin embargo, la resistencia al deslizamiento de la muestra 5 disminuye más rápidamente en el ensayo de laboratorio que en condiciones reales. Esto podría deberse a que esta muestra presenta relieves que, en el caso del desgaste por tránsito peatonal, protegen algunas zonas de la pieza ya que no permiten el contacto de la suela con toda su superficie. Sin embargo, en el desgaste en el laboratorio, las almohadillas abrasivas son mucho menos rígidas que las suelas del calzado, y sí serían capaces de desgastar toda la superficie.

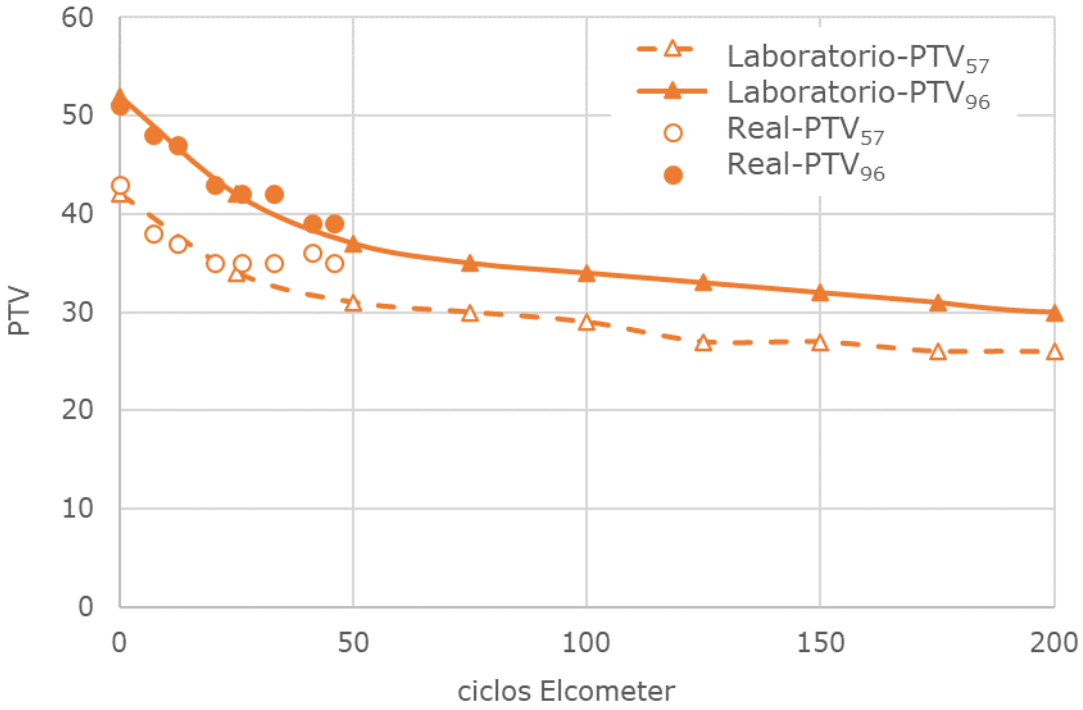


Figura 11 *Comparativa de la evolución de la resistencia al deslizamiento de la muestra 2 sometida a desgaste en laboratorio y en condiciones reales de uso.*

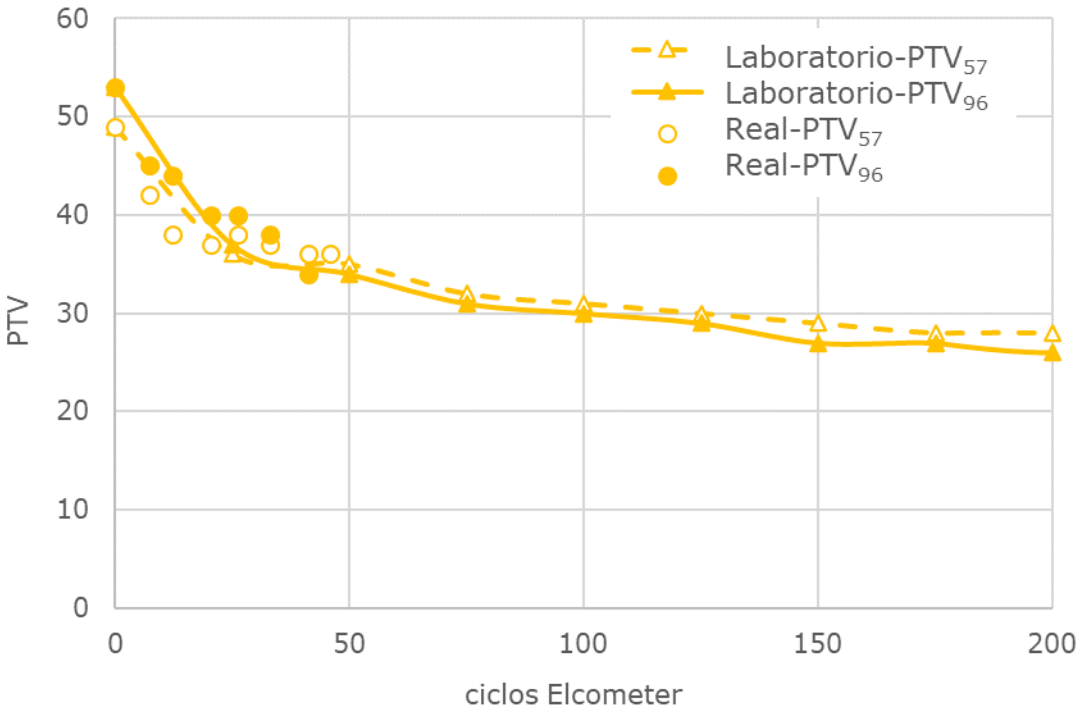


Figura 12 *Comparativa de la evolución de la resistencia al deslizamiento de la muestra 4 sometida a desgaste en laboratorio y en condiciones reales de uso.*

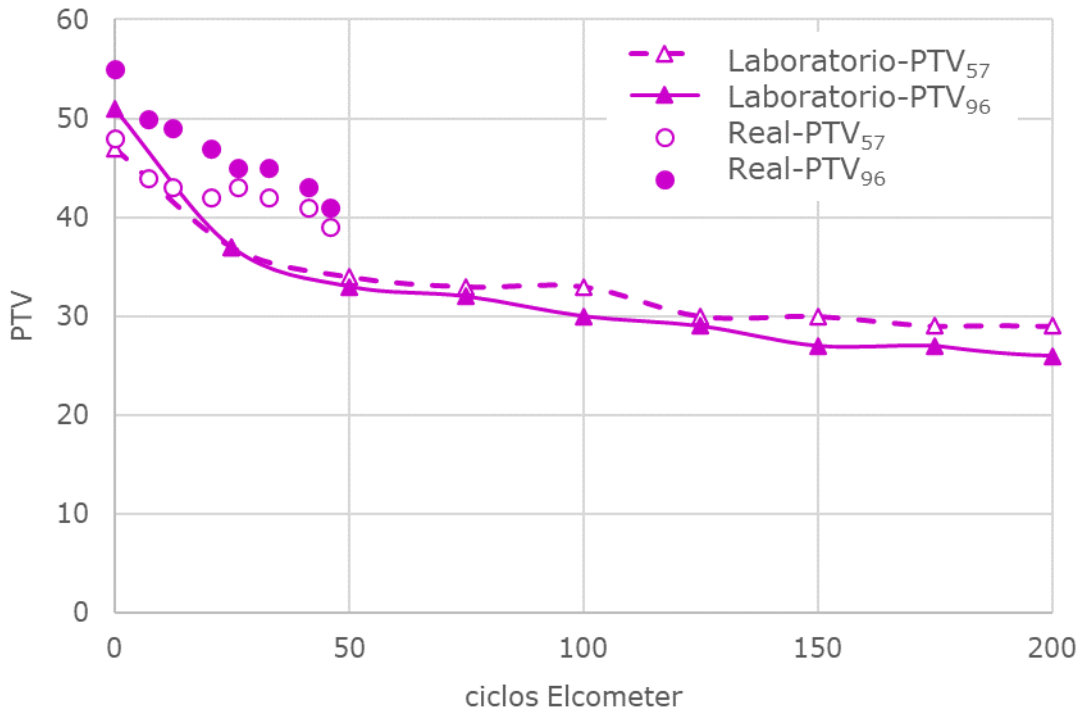


Figura 13 *Comparativa de la evolución de la resistencia al deslizamiento de la muestra 5 sometida a desgaste en laboratorio y en condiciones reales de uso.*

5. CONCLUSIONES

- El método desarrollado genera superficies con desgaste homogéneo de tamaño suficiente para poder realizar medidas de resistencia al deslizamiento con el método del péndulo.
- Se ha estudiado la influencia de las variables de ensayo con el objetivo de poder modificar la intensidad de desgaste del método acelerado de laboratorio para así poder ajustarlo al desgaste encontrado en condiciones reales.
- A partir de las mediciones realizadas en el estudio in situ, se ha observado que algunos tipos de superficies pueden modificar de forma significativa su resistencia al deslizamiento a lo largo del primer año de uso.
- Mediante el procedimiento de laboratorio en desarrollo se pretende poder predecir el comportamiento antideslizante que van a tener los pavimentos a lo largo de su vida útil, y por lo tanto estimar su durabilidad.

6. AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se ha realizado dentro del marco del proyecto "Diseño y desarrollo de superficies antideslizantes de alta durabilidad (DURSLIP)" financiado por la Generalitat Valenciana, a través del IVACE.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] UNE-EN ISO 10545-6: 2012. Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas.
[2] UNE-EN ISO 10545-7: 1999. Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de las baldosas esmaltadas.
[3] UNE 138001 IN: 2008. Resistencia al desgaste por tránsito peatonal de pavimentos cerámicos. Recomendaciones para la selección en función del uso previsto.
[4] Strautins, C.J. Enhanced test method for assessing sustainable slip resistance. International Conference on Slips, Trips and Falls 2007: From research to Practice (2007).
[5] Strautins, C.J. Sustainable slip resistance: an opportunity for innovation. 10th World Congress on Ceramic Tile Quality. (2008)
[6] Engels. M. New practice-oriented testing possibilities regarding the durability of slip resistance and cleanability 14th World Congress on Ceramic Tile Quality. (2016)
[7] Engels. M. The correlation of slip resistance and durability with surface topography. 15th World Congress on Ceramic Tile Quality. (2018)
[8] A. MUÑOZ, G. SILVA, R. DOMÍNGUEZ, J. GILABERT, M. LÓPEZ, M.C. SEGURA Análisis de la durabilidad de las prestaciones antideslizantes de pavimentos. XIII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. (2014)
[9] Muñoz Lázaro, A., Problemática del resbalamiento en pavimentos cerámicos [PhD Thesis]. Universitat Jaume I (UJI), Castellón (Spain). (2019) https://www.tesisenred.net/handle/10803/667413
[10] Bowman, R. Slip resistance testing. Zones of uncertainty. 11th World Congress on Ceramic Tile Quality. (2010)
[11] Bowman, R. A view of slip resistance and accelerated wear conditioning (AWC) post Muñoz. (2020) Available from:
[12] https://www.researchgate.net/publication/341354262_A_view_of_slip_resistance_and_accelerated_wear_conditioning_AWC_post_Munoz.
[13] UNE-EN 16165:2022. Determinación de la resistencia al deslizamiento de superficies peatonales. Métodos de evaluación.