

REQUISITOS TECNICOS DE BALDOSAS CERAMICAS PARA USOS CONCRETOS

Prof. José. E. Enrique Navarro

Catedrático de Ingeniería Química de la Universidad Jaume I.
Subdirector del Instituto de Tecnología Cerámica.

Catedrático de Ingeniería Química de Universidad desde 1990. Actualmente presta servicios en la Universitat Jaume I de Castellón, donde es Subdirector de Investigación de la Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE) concertada con el Instituto Universitario de Tecnología Cerámica.

Asimismo es Coordinador del Departamento de Ingeniería Química de la Universitat Jaume I y Executive Officer de CERLABS (EUROPEAN NETWORK OF NATIONAL CERAMIC LABORATORIES).

Ha participado y dirigido varios Proyectos de Investigación, habiendo publicado 65 artículos de investigación, 36 comunicaciones a Congresos y Reuniones Técnicas y 7 libros.

1. INTRODUCCION

La fabricación de baldosas cerámicas ha experimentado cambios considerables y continuos en los últimos años. Los procesos actuales de fabricación de estos materiales son altamente innovadores y su fabricación esta totalmente automatizada, lo que lleva consigo una elevada calidad y productividad. En España, la mayor parte de las empresas de fabricación de estos productos cerámicos utilizan las tecnologías mas avanzadas, estando el nivel de renovación de las empresas por encima del 98%. (1)

El comercio de baldosas cerámicas se hace frecuentemente según clases tradicionales (primera, standard, segunda, comercial, única, etc.). Esta primera calidad no corresponde a la que definen las normas europeas de baldosas cerámicas (EN)(2), norma de base, normas de producto y normas de ensayo, muestreo y condiciones de aceptación, consiguientemente ni las especificaciones de las facturas ni las marcas de las cajas se hacen según prescriben estas normas. Por otra parte, la experiencia

demuestra que las características que el mercado exige a las baldosas cerámicas no coinciden con las que establecen las normas EN (Figura 1).

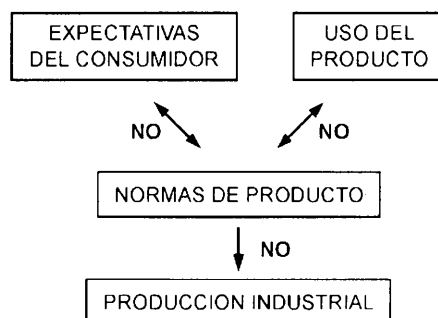


Figura 1.

Las exigencias de mercado son más rigurosas que las normas, en cuanto a las características que afectan de forma sensible a la colocación y al uso, tales como aspecto superficial, dimensiones y resistencia a algunas acciones químicas, físicas y en particular mecánicas, y asimismo, hay una falta de definición en cuanto a la selección de productos según el uso al que van destinados.

Existe pues en la actualidad, una laguna clara entre el uso de las baldosas cerámicas y las especificaciones de las normas de producto y de ensayo. Esta situación ha hecho que, tanto por parte de la industria como por parte de la construcción, se haya indicado la conveniencia de definir los requisitos que puedan ser exigibles a las baldosas cerámicas en la práctica (Figura 2).

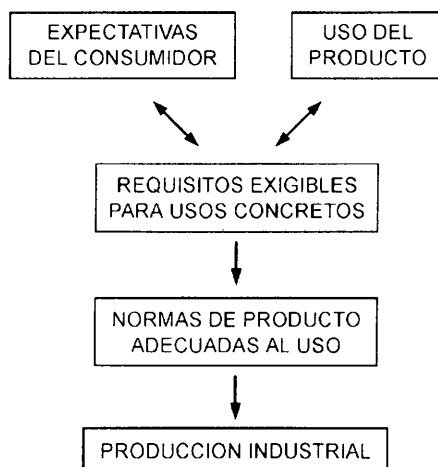


Figura 2.

Con estos requisitos se podrían satisfacer las expectativas del consumidor, se facilitaría la comercialización de estos productos cerámicos y se evitaría un sinnúmero de reclamaciones debidas al uso no adecuado de estos materiales.

A continuación se revisan los apartados de la figura 2 y se trata de delimitar los requisitos exigibles a las baldosas cerámicas para usos concretos.

2. EXPECTATIVAS DEL CONSUMIDOR

La calidad de las baldosas cerámicas esta íntimamente ligada a la satisfacción del cliente y a la aptitud al uso de estos materiales.

Como es obvio, cualquier baldosa cerámica será adecuada para un uso concreto si cumple las expectativas del consumidor.

Por lo tanto es necesario reflejar las características de los productos cerámicos que definen las expectativas del consumidor (Figura 3). Como puede observarse hay tres niveles de características de las baldosas cerámicas que definen sus expectativas y que van a ser decisivas en cuanto a la comercialización de estos productos cerámicos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS CERAMICOS QUE DEFINEN LAS EXPECTATIVAS DEL CONSUMIDOR	
Características perceptibles, previas al uso, decisivas en la compra	Dimensiones (forma, tamaño) Aspecto superficial (color, diseño, rugosidad, etc..)
Características relacionadas con la colocación y el almacenamiento (apreciables por el colocador y/o almacenista, pero no apreciables por el usuario)	Facilidad de manipulación (peso, forma, tamaño, espesor, embalaje, número de piezas combinables, etc..) Rendimiento de la colocación (forma, combinabilidad, etc..) Adhesión al sustrato Estabilidad en el almacen (curvatura, cuarteo, etc..)
Características de uso (perceptibles por el usuario final, desconocidas en la compra)	Perdida de aspecto (rotura, desconchamiento, cuarteo, retención de suciedad interna o externa, cambio de color, brillo o de aspecto superficial). Ligadas a la seguridad (roturas o lesiones, superficie deslizante, posibilidad de liberar o emitir elementos o compuestos nocivos). Relacionadas con la higiene o desinfección (adherencia, porosidad, posibilidad de liberar polvo, etc..)

Figura 3.

Existen, pues, tres grupos de características son:

- Características perceptibles previas al uso.
- Características relacionadas con la colocación y el almacenaje.
- Características de uso.

a) Características perceptibles previas al uso.

En este grupo se reúne el aspecto de la baldosa cerámica (forma, tamaño), su apariencia (color, brillo, decoración, diseño en general) y su textura superficial (rugosidad, fricción, etc.).

Estas características son las que observa el consumidor en el momento de la compra y son las que le definen de un modo subjetivo y cualitativo la calidad de la baldosa cerámica y de ahí que sean decisivas en la compra.

b) Características relacionadas con la colocación y el almacenamiento.

Este es un grupo de características relacionadas con la mayor o menor facilidad de colocación de las baldosas cerámicas y transporte antes de la colocación. Son características decisivas si el comprador directo es el almacenista, constructor o solador.

También se incluyen dentro de estas características los problemas de curvaturas y cuarteo que pueden presentarse en el almacenamiento debido a una falta de acoplamiento esmalte-soporte.

c) Características de uso.

Los defectos de las baldosas cerámicas no son la causa más importante de las reclamaciones de estos productos cerámicos, basándose las reclamaciones principalmente en la falta de adecuación de la baldosa cerámica para un uso concreto y en los defectos de colocación, (3)(4).

3. USO DEL PRODUCTO

Las baldosas cerámicas, que hasta no hace muchos años se utilizaban casi exclusivamente para el revestimiento de paredes y solado de cocinas y baños, han venido adquiriendo con el tiempo, y con el progreso de la tecnología de fabricación, nuevos y mas amplios valores como materiales de construcción, extendiendo el campo de aplicación al exterior de las viviendas, y particularmente a los locales públicos, a los ambientes industriales, y a la decoración urbana entre otros muchos usos. (5)(6)

Actualmente los usos de estos productos cerámicos son, entre otros, los siguientes:

- Revestimiento interior de viviendas (cocinas, baños, etc.)
- Revestimiento exterior (fachadas, equipamiento urbano, etc.)
- Pavimento interior de viviendas.
- Pavimento exterior (terrazas, etc.)
- Pavimentos y revestimientos de locales públicos (hospitales, escuelas, aeropuertos, etc.)
- Pavimentos de locales comerciales e industriales.
- Pavimentos y revestimientos diversos (piscinas, salas de quirófano, etc.)

Asimismo, el constructor, arquitecto o consumidor final que decide la utilización de un recubrimiento cerámico puede elegir entre una vasta gama de productos cerámicos, que se diferencian no solo en el formato y dimensiones, aspectos superficial, color y diseño de la superficie, sino también en las características físicas y químicas.

Para que un producto cerámico sea adecuado para un uso concreto es necesario que cumpla una serie de requisitos que estarán definidos por las expectativas del consumidor.

Para facilitar la preparación de los requisitos exigibles a las baldosas cerámicas según su uso, se pueden definir una serie de usos mayoritarios de las baldosas cerámicas, entendiendo siempre que para cualquier uso diferente se deben revisar los requisitos exigibles.

Con objeto de estudiar los requisitos exigibles a las baldosas cerámicas es, pues, necesario simplificar tanto el numero de usos posibles de las baldosas cerámicas, como el numero de características de calidad verdaderas a definir.

En la Figura 4 se expone una relación general simplificada de los usos con baldosas cerámicas:

TIPOS DE PRODUCTOS
- Baldosas cerámicas para paredes interiores. - Baldosas cerámicas para paredes exteriores. - Baldosas cerámicas para suelos interiores de locales residenciales. - Baldosas cerámicas para suelos exteriores de locales residenciales. - Baldosas cerámicas para suelos de locales comerciales o colectivos. - Baldosas cerámicas para suelos de locales industriales. - Baldosas cerámicas para otros usos.

Figura 4.

Las características que deben reunir las baldosas cerámicas se corresponden directamente con las exigencias de uso y, por ésto, para cada aplicación deben ser diferentes las características exigidas, su importancia y prioridad.

En algunos casos se presentan condiciones especiales de uso. Por ejemplo, en el caso de los pavimentos cerámicos destinados a lugares donde puede haber derrames de agua o acumulación de líquidos (bordes de piscinas, cocinas industriales, lavaderos de coches, etc), estos pavimentos deben presentar una alta resistencia al deslizamiento.

Asimismo, la duración de las baldosas cerámicas depende de su correcta elección y, en particular, de la adecuación a su destino. Es necesario tener en cuenta, además, algunos aspectos relacionados con la colocación y que, en mayor o menor medida, agravan los requisitos de uso (Figura 5):

JUSTIFICACION DE LOS REQUISITOS EXIGIBLES
- Características que definen las expectativas del consumidor. - Necesidades de colocación y de utilización del producto. - Existencias de normas de producto. - Limitaciones del proceso de fabricación. - Características de otros materiales no cerámicos.

Figura 5.

A este respecto merecen destacarse los factores relacionados con:

Condiciones climáticas. Estas condiciones son especialmente importantes en usos al exterior, en climas fríos, y en zonas geográficas o locales que sufren grandes cambios climáticos.

Función del local. La función del local es determinante en los casos de gran tráfico peatonal. En estos casos se requieren baldosas cerámicas con elevadas características mecánicas superficiales, y en casos de instalaciones sanitarias y escuelas, se requieren, además, superficies que permitan una fácil limpieza y desinfección.

Situación de la zona revestida. Los pavimentos cerámicos colocados en espacios al exterior o en la entrada de viviendas unifamiliares requieren baldosas cerámicas con elevadas resistencias a la abrasión.

Asimismo, los alrededores de las zonas pavimentadas con baldosas cerámicas pueden ser origen de partículas abrasivas, especialmente en zonas geográficas graníticas, o pueden presentar humedad o agua superficial. En este último caso, las baldosas cerámicas deben poseer una elevada resistencia al deslizamiento.

Estructura y naturaleza del material de apoyo. En algunos casos es determinante la naturaleza de los materiales de apoyo. En el caso de materiales de apoyo de naturaleza elástica es aconsejable revestir la superficie con piezas de pequeño formato.

Por todo ésto, es necesario definir un criterio de selección de los productos según su función. Este criterio se debe basar, tanto en el tipo de superficie a revestir, como en la naturaleza de las acciones o agentes externos a los que se verá sometido el material cerámico a lo largo de su vida útil. Los requisitos exigibles a las baldosas cerámicas se deben plantear teniendo en cuenta ambas consideraciones.

4. PRODUCCION INDUSTRIAL

4.1. LAS BALDOSAS CERAMICAS

Los recubrimientos cerámicos reúnen una serie de características que los diferencian de otros materiales alternativos. Estas características se agrupan del modo siguiente:

Características relativas a su impermeabilidad, a la seguridad, al bienestar y, también, al mantenimiento de los locales revestidos con estos productos cerámicos. (Figura 6).

CARACTERISTICAS DE LAS BALDOSAS CERAMICAS
Relativas a su impermeabilidad.
Relativas a su seguridad.
- Facilidad de limpieza y desinfección. - Resistencia al deslizamiento. - Incombustibilidad y ausencia de peligrosidad en caso de incendio.
Relativas al bienestar.
Relativas al mantenimiento de locales revestidos con baldosas cerámicas.
- Facilidad de limpieza. - Ausencia de mantenimiento.

Figura 6.

Entre las características relativas a la impermeabilidad de estos productos cerámicos destacan la resistencia a la humedad y al agua. Los recubrimientos cerámicos impermeabilizan las superficies y resisten bien la humedad sin deteriorarse. Paralelamente, las baldosas esmaltadas y las no esmaltadas de muy baja absorción de agua presentan una elevada resistencia a los agentes biológicos, lo cual es un requisito imprescindible exigido a los recubrimientos de lugares donde, por diversas razones, se puedan desarrollar hongos o colonias de gérmenes.

De las características relacionadas con la seguridad destacan las siguientes: Incombustibilidad y ausencia de peligrosidad en caso de incendio, seguridad eléctrica, asepsia y estabilidad estática. Todas estas características favorables las adquieren las baldosas cerámicas gracias al proceso tecnológico al que han sido sometidas y también a las materias primas utilizadas en su fabricación.

Entre las características ligadas al bienestar se pueden considerar las siguientes: Aislamiento térmico y acústico, y carencia de olor propio o adquirido. Muchas de estas características no dependen únicamente de las propias baldosas sino que están influidas por el conjunto de materiales utilizados para su colocación en el edificio. Alguna de estas características, sin embargo, si que depende completamente de las baldosas cerámicas, como es la ausencia de olores.

Entre las características relativas al mantenimiento de locales revestidos con baldosas cerámicas se deben incluir las siguientes: Facilidad de limpieza y ausencia de mantenimiento.

Los recubrimientos cerámicos no porosos sin esmaltar, o los porosos recubiertos de un vidriado o estrato impermeable, correctamente instalados, se limpian con facilidad simplemente con un paño húmedo y, si la superficie presenta suciedad o grasa, se pueden utilizar agentes de limpieza como detergentes o lejías.

Por su equipotencialidad eléctrica por no generar cargas electrostáticas, los recubrimientos cerámicos no captan el polvo ambiental eléctricamente activo y, por ello, contribuyen al bienestar.

La naturaleza de la superficie cerámica dificulta la adherencia y, si ésta se produce por medio de un vehículo intermedio (grasa, etc.), la suciedad es fácilmente eliminable.

Los recubrimientos cerámicos, salvo los porosos no vidriados no necesitan ningún mantenimiento después de su puesta en obra, excepto las normales operaciones de limpieza.

4.2. EL PROCESO DE FABRICACION

La reciente reconversión del sector de baldosas cerámicas se inició a principio de la década de los ochenta y produjo una fuerte expansión del sector. En esta época, el consumidor no estaba sensibilizado por el problema de la calidad y, en la mayor parte de los casos, se preocupaba únicamente por encontrar un producto que satisficiera sus exigencias estéticas o de coste.

La situación ha cambiado radicalmente. Ahora el consumidor dispone de una amplia oferta y, por ello puede pedir productos de características cada vez mas estrictas en cuanto a su calidad y cuyas características respondan a las prestaciones previstas y a su precio.

Se debe indicar también que las baldosas cerámicas no serán mas o menos adecuadas para un uso concreto en función de las materias primas o del proceso de fabricación, sino que las baldosas cerámicas adecuadas serán las que cumplan los requisitos exigibles para usos concretos. De este modo, desde el punto de vista de la calidad técnica de un producto, en relación con un uso determinado, se deben descartar los términos: Productos de pasta roja o de pasta blanca, productos prensados o extrudidos, esmaltados o no esmaltados, o productos de bicocción tradicional, bicocción rápida, monococción porosa o monococción gresificada. (Figura 7).

CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE FABRICACION QUE DEFINEN DISTINTOS TIPOS DE PRODUCTOS	
Según la materia prima.	Productos de pasta roja Productos de pasta blanca
Según el proceso de conformación	Productos extruidos Productos prensados
Según si existe o no aplicación de esmalte	Productos esmaltados Productos no esmaltados
Según el proceso de cocción	Productos de bicocción tradicional Productos de bicocción rápida Productos de monococción porosa Productos de monococción gresificada

5. NORMAS DE BALDOSAS CERAMICAS

Los recubrimientos cerámicos se clasifican según la norma UNE 67-087 (EN 87). Esta norma europea da las definiciones, clasificación, características y requisitos de marcado de las baldosas cerámicas generalmente utilizadas para revestimiento de paredes y suelos. Las baldosas cerámicas incluyen también los mosaicos, las losas, las placas para pavimentos industriales y los componentes para piscinas, así como los accesorios correspondientes (escuadras, ángulos, cubrecantos, rodapiés, zócalos, molduras y demás piezas complementarias).

Esta norma se aplica exclusivamente a las baldosas de la mejor calidad comercial (primera calidad) a menos que se indique otra cosa en la correspondiente norma del producto, existiendo un acuerdo de la Federación Europea de Fabricantes de Baldosas Cerámicas que contempla una definición de las características de las baldosas cerámicas de otras calidades. (7)

La normativa europea EN subdivide las baldosas cerámicas en diversas clases, fijando para cada una de ellas las características a controlar y sus límites de tolerancia. Para algunas de las características los límites no están definidos y son fruto del acuerdo entre el fabricante y el comprador.

En 1973 se iniciaron los trabajos de normalización europea de baldosas cerámicas, en los que participaron los siguientes países: Italia, España, Francia, Alemania, Reino Unido, Bélgica y Austria. Las normas aprobadas son las que se señalan en la Tabla 1.

TABLA 1. NORMAS EUROPEAS DE BALDOSAS CERAMICAS PARA SUELOS Y PAREDES (EN)	
NORMA DE BASE	
EN 87	BALDOSAS CERAMICAS PARA SUELOS Y PAREDES. DEFINICIONES. CLASIFICACION, CARACTERISTICAS Y MARCADO.
NORMAS DE PRODUCTO	
EN 121	BALDOSAS CERAMICAS EXTRUIDAS CON BAJA ABSORCION DE AGUA ($E \leq 3\%$). GRUPO AI.
EN 186	BALDOSAS CERAMICAS EXTRUIDAS CON ABSORCION DE AGUA ($3\% < E \leq 6\%$). GRUPO AIIa.
EN 187	BALDOSAS CERAMICAS EXTRUIDAS CON ABSORCION DE AGUA ($6\% < E \leq 10\%$). GRUPO AIIb.
EN 188	BALDOSAS CERAMICAS EXTRUIDAS CON ABSORCION DE AGUA ($E > 10\%$). GRUPO AIII.
EN 176	BALDOSAS CERAMICAS PRENSADAS EN SECO CON BAJA ABSORCION DE AGUA ($E \leq 3\%$). GRUPO BI.
EN 177	BALDOSAS CERAMICAS PRENSADAS EN SECO CON ABSORCION DE AGUA ($3\% < E \leq 6\%$). GRUPO BIIa.
EN 178	BALDOSAS CERAMICAS PRENSADAS EN SECO CON ABSORCION DE AGUA ($6\% < E \leq 10\%$). GRUPO BIIb.
EN 159	BALDOSAS CERAMICAS PRENSADAS EN SECO CON ABSORCION DE AGUA ($E > 10\%$). GRUPO BIII.
NORMAS DE ENSAYO, MUESTREO Y CONDICIONES DE ACEPTACION.	
EN 98	DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DIMENSIONALES Y EL ASPECTO SUPERFICIAL.
EN 99	DETERMINACION DE LA ABSORCION DE AGUA.
EN 100	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION.
EN 101	DETERMINACION DE LA DUREZA AL RAYADO DE LA SUPERFICIE SEGUN MOHS.
EN 102	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION PROFUNDA. BALDOSAS NO ESMALTADAS.
EN 154	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION. BALDOSAS ESMALTADAS.
EN 103	DETERMINACION DE LA DILATACION TERMICA LINEAL.
EN 104	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CHOQUE TERMICO.
EN 105	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CUARTEO. BALDOSAS ESMALTADAS.
EN 202	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HELADA.
EN 155	DETERMINACION DE LA EXPANSION POR HUMEDAD USANDO AGUA HIRVIENDO. BALDOSAS NO ESMALTADAS.
EN 106	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA. BALDOSAS NO ESMALTADAS.
EN 122	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA. BALDOSAS ESMALTADAS.
EN 163	BALDOSAS CERAMICAS. MUESTREO Y CONDICIONES DE ACEPTACION.

En esta época el proceso de fabricación era el de bicocción tradicional con ciclos de cocción lentos y entonces se consideraba el producto cerámico poroso como un material susceptible de colocación como revestimiento de paredes (que era el uso mayoritario) y en algunos casos como pavimento interior de viviendas residenciales. Por todo ésto, la normativa contemplaba implícitamente las características de las baldosas cerámicas con una clasificación dependiente de la absorción de agua, sugiriendo que las baldosas cerámicas con elevada capacidad de absorción de agua (mayor del 10%) eran recomendables para revestimientos cerámicos de paredes interiores y las de capacidad de absorción de agua reducida para pavimentos de exteriores e interiores y revestimientos de paredes exteriores. (8)

El cuerpo de normas europeas que se elaboró obedecía al estado de la técnica del momento, de los métodos de ensayo y de los usos mayoritarios de estos productos cerámicos. Con el perfeccionamiento del proceso de fabricación y la diversificación de los usos de las baldosas cerámicas se ha ido avanzando en cuanto a la adaptación de los productos cerámicos a las condiciones de uso y en cuanto a los métodos de ensayo y al estudio de la durabilidad de las baldosas cerámicas en condiciones de uso concretas.

Uno de estos avances ha sido la normativa ISO de baldosas cerámicas. Además, existen todos los requisitos específicos que aplican las empresas individualmente para evaluar sus productos para usos concretos (Tabla 2). (9)

TABLA 2. NORMAS INTERNACIONALES DE BALDOSAS CERAMICAS PARA SUELOS Y PAREDES (ISO)

NORMA GENERAL

ISO 13006	BALDOSAS CERAMICAS. DEFINICIONES, CLASIFICACION, CARACTERISTICAS Y MARCADO.
ISO 10545/1	MUESTREO Y CONDICIONES DE ACEPTACION.
ISO 10545/2	DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DIMENSIONALES Y EL ASPECTO SUPERFICIAL.
ISO 10545/3	DETERMINACION DE LA ABSORCION DE AGUA, POROSIDAD APARENTE, DENSIDAD APARENTE Y MASA VOLUMETRICA
ISO 10545/4	DETERMINACION DEL MODULO DE RUPTURA Y DE LA CARGA DE ROTURA.
ISO 10545/5	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO MEDIANTE LA MEDIDA DEL COEFICIENTE DE RESTITUCION.
ISO 10545/6	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION PROFUNDA. BALDOSAS NO ESMALTADAS.
ISO 10545/7	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION SUPERFICIAL. BALDOSAS ESMALTADAS.
ISO 10545/8	DETERMINACION DE LA DILATACION TERMICA LINEAL.
ISO 10545/9	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CHOQUE TERMICO.
ISO 10545/10	DETERMINACION DE LA EXPANSION POR HUMEDAD.
ISO 10545/11	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CUARTEO. BALDOSAS ESMALTADAS.
ISO 10545/12	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HELADA.
ISO 10545/13	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA.
ISO 10545/14	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LAS MANCHAS.
ISO 10545/15	EXTRACCION DE CADMIO Y PLOMO DE BALDOSAS ESMALTADAS.
ISO 10545/16	DETERMINACION DE DIFERENCIAS DE COLOR.
ISO 10545/17	DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE FRICCION.

En la actualidad, cualquier baldosa cerámica será adecuada para un uso concreto si cumple una serie de requisitos de uso. Por esto, y como se indicaba anteriormente, para la elección de un pavimento o revestimiento cerámico es necesario tener en cuenta el ambiente de uso, ya que este ambiente define algunos de los requisitos que deben poseer estos materiales.

En la Figuras 8 y 9 se reflejan las normas europeas EN e ISO, respectivamente en relación a su adaptación a los requisitos de uso.

ADAPTACION DE LAS NORMAS DE BALDOSAS CERAMICAS A LOS REQUISITOS DE USO
Normas europeas (EN) que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos (ya que su clasificación y las variables están ligadas a parámetros del proceso de fabricación) - Norma de base (EN 87) - Normas de producto (EN 121, EN 186, EN 187, EN 188, EN 176, EN 177, EN 178, EN 159) - Norma de ensayo (EN 98) determinación de las características dimensionales y de aspecto superficial - Norma de ensayo (EN 100) determinación de la resistencia a la flexión Normas europeas (EN) que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos (ya que los métodos difieren sustancialmente de las acciones reales o son poco exigibles) - Norma de ensayo (EN 102) determinación de la resistencia a la abrasión profunda. Baldosas no esmaltadas - Norma de ensayo (EN 154) determinación de la resistencia a la abrasión. Baldosas esmaltadas - Norma de ensayo (EN 105) determinación de la resistencia al cuarteo - Norma de ensayo (EN 202) determinación de la resistencia a la helada - Norma de ensayo (EN 101) determinación de la resistencia al rayado de la superficie según Mohs

Figura 8.

ADAPTACION DE LAS NORMAS ISO DE BALDOSAS CERAMICAS A LOS REQUISITOS DE USO
Normas ISO que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos (ya que su clasificación y las variables están ligadas a parámetros del proceso de fabricación) ISO 13006 Definiciones, clasificación, características, requisitos y marcado. ISO 10545 Parte 2 Determinación de las características dimensionales y del aspecto superficial. Normas ISO que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos (ya que los métodos difieren sustancialmente de las acciones reales o son poco exigentes) ISO 10545 Parte 5 Determinación de la resitencia al impacto mediante la medida del coeficiente de restitución ISO 10545 Parte 6 Determinación de la abrasión profunda. Baldosas no esmaltadas ISO 10545 Parte 7 Determinación de la resistencia a la abrasión. Baldosas esmaltadas ISO 10545 Parte 11 Determinación de la resistencia al cuarteo. Baldosas esmaltadas Normas que se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos ISO 10545 Parte 4 Determinación del módulo de ruptura y de la carga de ruptura ISO 10545 Parte 10 Determinación de la expansión por humedad ISO 10545 Parte 12 Determinación de la resistencia a la helada ISO 10545 Parte 13 Determinación de la resistencia química ISO 10545 Parte 14 Determinación de la resistencia a las manchas ISO 10545 Parte 17 Determinación del coeficiente de fricción

Figura 9.

5.1. NORMATIVA EUROPEA (EN)

En primer lugar hay una serie de normas que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos, debido a que la clasificación y las variables están ligadas a parámetros del proceso de fabricación.

Norma de base (EN 87). Clasifica las baldosas cerámicas en función de su capacidad de absorción de agua y no de su posible uso, dejando entrever que los materiales con menor capacidad de absorción de agua serán los que presenten más características mecánicas. Lo mismo ocurre con las normas de producto (EN 121, EN 186, EN 187, EN 188, EN 176, EN 177, EN 178 y EN 159).

Normas de ensayo.

- Determinación de las características dimensionales y de aspecto superficial (EN 98). En esta norma las tolerancias dimensionales definidas son función de la dimensión de las baldosas cerámicas. Según esto, al aumentar el tamaño de las baldosas cerámicas se aumenta la tolerancia dimensional, lo cual no está de acuerdo con los requisitos de uso.
- Determinación de la resistencia a la flexión (EN 100). Relaciona el valor de la resistencia a la flexión con el espesor de la baldosa cerámica, de modo que a menor espesor corresponde un mayor valor de la resistencia a la flexión definida por esta norma. Esto implica, al menos, una posibilidad de confusión por parte del colocador o del consumidor final y un problema al intentar adaptar esta norma a los requisitos de uso.

Existen otras normas europeas que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos, porque son comparables los métodos de determinación difieren sustancialmente de las acciones reales y sus resultados con los que se obtendrían en condiciones de uso, o son poco exigentes. En este grupo están presentes las normas siguientes:

Determinación de la resistencia a la abrasión profunda. Baldosas no esmaltadas (EN 102). El método determina la resistencia a la abrasión de baldosas no esmaltadas mediante la medida de la longitud de la huella producida por un disco rotativo en condiciones definidas y con ayuda de alúmina como material abrasivo. El método de determinación no reproduce la acción real de desgaste superficial de las baldosas cerámicas no esmaltadas y, por ello, no parece sencillo establecer una correlación entre los resultados de la abrasión del disco rotativo y la abrasión real producida por el tráfico peatonal.

Determinación de la resistencia a la abrasión. Baldosas esmaltadas (EN 154). El método determina la resistencia a la abrasión, por rotación de una carga abrasiva sobre la superficie de la baldosa esmaltada y valoración del desgaste por comparación visual de la superficie abrasionada. El método de determinación no reproduce la acción real de desgaste superficial de las baldosas cerámicas esmaltadas (10) (11) (12) y es subjetiva la observación visual para cuantificar los cambios que experimenta la baldosa cerámica (brillo, color, rugosidad, superficie manchable, etc.)(13)(14)(15).

Determinación de la resistencia al cuarteo (EN 105). La resistencia al cuarteo se determina sometiendo baldosas enteras al vapor, a alta presión en un autoclave (5 kg/cm² y una hora), y después examinándolas tras la aplicación de un tinte sobre la cara esmaltada. Las piezas en el interior del autoclave se curvan con facilidad, lo que no ocurre en la realidad cuando están colocadas. Además se ha constatado que el ensayo es muy poco enérgico, como demuestra el hecho de que se detecten numerosos casos de cuarteo real en piezas alicatadas que habían superado este ensayo de resistencia al cuarteo.

Determinación de la resistencia a la helada (EN 202). El método consiste en someter las baldosas, tras ser impregnadas con agua, a ciclos entre +15°C y -15°C, con todos los lados de la baldosa

expuestos a la congelación, durante 50 ciclos de congelación-deshielo. El método de referencia para la impregnación de las baldosas es la impregnación progresiva con agua por capilaridad, que es el método ligero, y se han detectado casos de roturas por helada de baldosas cerámicas expuestas al ambiente que habían superado este ensayo de resistencia a la helada.

Determinación de la dureza al rayado de la superficie según Mohs (EN 101). El método consiste en frotar con la mano ciertos minerales de dureza conocida sobre la superficie de las baldosas. La ejecución de este ensayo, es problemática debido a la inexistencia de minerales normalizados, a la dificultad de rayar la superficie de la baldosa con una presión uniforme y constante y a la falta de precisión respecto a las condiciones de observación de las posibles rayas (distancia, características de la fuente luminosa y equipo de visualización, etc.). Por todo esto el método presenta una gran disparidad de interpretaciones y resultados y ha sido el motivo de su eliminación en la normativa ISO TC 189 Baldosas Cerámicas.

5.2. NORMATIVA INTERNACIONAL (ISO)

Como en el caso de la normativa europea, existe un primer grupo de normas que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos, debido a que la clasificación y las variables están ligadas a parámetros del proceso de fabricación.

ISO 13006. Definiciones, clasificación, características, requisitos y marcado. Clasifica las baldosas cerámicas en función de su capacidad de absorción de agua y no de su posible uso.

ISO 10545 Parte 2. Características dimensionales y aspecto superficial. Como en el caso de la normativa europea, en esta norma las tolerancias dimensionales definidas son función de la dimensión de las baldosas cerámicas, por lo que a mayor tamaño de las baldosas cerámicas se hace mayor la tolerancia dimensional, lo cual no está de acuerdo con los requisitos de uso.

Existen otro conjunto de normas ISO que no se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos, ya que los métodos de determinación difieren sustancialmente de las acciones reales y son poco comparables sus resultados con los que se obtendrían en condiciones de uso o son poco exigentes. En este grupo están presentes las normas siguientes:

ISO 10545 Parte 5. Determinación de la resistencia al impacto mediante la medida del coeficiente de restitución. Se basa en la altura del rebote de una bola de acero de 19 mm de diámetro dejada caer desde una altura de 120 cm sobre una baldosa colocada en un soporte de mortero. El método no mide el posible daño que puedan sufrir las baldosas cerámicas a causa del impacto.

ISO 10545 Parte 6. Determinación de la abrasión profunda. Baldosas no esmaltadas. Es similar a la norma europea con pequeñas variaciones. Como en el caso anterior, el método de determinación no reproduce la acción real de desgaste superficial de las baldosas cerámicas no esmaltadas y no parece sencillo establecer una correlación entre los resultados de la abrasión del disco rotativo y la abrasión real producida por el tránsito peatonal.

ISO 10545 Parte 7. Determinación de la resistencia a la abrasión. Baldosas esmaltadas. Es similar a la norma europea. Como en esta norma, el método de determinación no reproduce la acción real de desgaste superficial de las baldosas cerámicas esmaltadas y es subjetiva la observación visual para cuantificar los cambios que experimenta la baldosa cerámica (brillo, color, rugosidad, superficie manchable, etc.), aunque introduce la clase V en la cual, el desgaste por abrasión a 12000 revoluciones además de no ser visible debe resistir el ensayo de manchas, lo cual constituye una mejora importante.

ISO 10545 Parte 11. Determinación de la resistencia al cuarteo. Es similar a la normativa europea, y como en este caso, las piezas en el interior del autoclave siguen liberando tensiones al curvar, lo que no ocurre en la realidad cuando están colocadas. Aunque duplica el tiempo de permanencia de las piezas en el autoclave, el ensayo sigue siendo poco riguroso.

Existen otro conjunto de normas ISO que se adaptan a los requisitos exigibles para usos concretos, ya que los métodos de determinación son más rigurosos que en el caso de la normativa europea y no dependen de parámetros del proceso de fabricación. En este grupo se hallan las normas siguientes:

ISO 10545 Parte 4. Determinación del modulo de ruptura y de la carga de ruptura. Introduce la carga de ruptura que es independiente del espesor de la baldosa cerámica, aunque sigue dando valores para el modulo de ruptura que, como se ha comentado, es dependiente del espesor de la baldosa cerámica. Todo esto puede producir confusión en el uso de la carga de ruptura o del modulo de ruptura.

ISO 10545 Parte 12. Determinación de la resistencia a la helada. Con respecto a la normativa europea deja como único método de impregnación de las baldosas el de vacío y aumenta el numero de ciclos del ensayo a 100 ciclos de congelación-deshielo.

ISO 10545 Parte 13. Determinación de la resistencia química. Es una norma única para baldosas esmaltadas y no esmaltadas y define diferentes concentraciones según uso.

ISO 10545 Parte 14. Determinación de la resistencia a las manchas. Es un avance con respecto a la normativa europea, porque incluye una serie de reactivos mas comunes.

ISO 10545 Parte 17. Determinación del coeficiente de fricción. Define una característica de los pavimentos muy importante desde el punto de vista de la seguridad e incorpora la medida del coeficiente de fricción dinámico (en seco y en húmedo)(16) y del coeficiente de fricción estático.

La normativa ISO, como se comentaba anteriormente, suprime la determinación de la dureza al rayado de la superficie según Mohs.

La normativa ISO, como se puede apreciar, representa un avance importante desde el punto de vista de su adaptación a los requisitos de uso y, por ello, se ha preferido incorporarla en los requisitos definidos siempre que ha sido posible.

6. REQUISITOS EXIGIBLES A BALDOSAS CERAMICAS SEGUN SU USO

Aunque la justificación de los requisitos exigibles en la práctica se puede realizar según una serie de posibilidades ya descritas en la Figura 5, su definición solo puede basarse en las características que definen las expectativas del consumidor y las necesidades de colocación y de utilización del producto y, siempre que sea posible, basándose en las normas de producto y de ensayo disponibles.

En la Tabla 3 se expresa la relación entre las características de las baldosas cerámicas que definen las expectativas del consumidor con los requisitos de uso y se deberían definir las tolerancias de las características de calidad para cada uso determinado.

En ningún caso, para definir los requisitos se ha tenido en cuenta, ni las limitaciones del proceso de fabricación, que en la actualidad son normalmente menores que las exigencias de uso, ni las características menos favorables de otros productos no cerámicos de similares aplicaciones.

TABLA 3 RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS BALDOSAS CERAMICAS QUE DEFINEN LAS EXPECTATIVAS DEL CONSUMIDOR Y LOS REQUISITOS DE USO.		
CARACTERISTICAS PERCEPTIBLES, PREVIAS AL USO, DECISIVAS EN LA COMPRA	DIMENSIONES (FORMA, TAMAÑO), ASPECTO SUPERFICIAL (COLOR, BRILLO, DISEÑO, RUGOSIDAD, FRICCION, ETC.,)	- CARACTERISTICAS ESTETICAS Y DECORATIVAS - CARACTERISTICAS DIMENSIONALES Y EL ASPECTO SUPERFICIAL (ISO 10545/2) - DETERMINACION DE DIFERENCIAS DE COLOR (ISO 10545/16) - DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE FRICCION (ISO 10545/17)
CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON LA COLOCACION Y EL ALMACENAMIENTO (APRECIABLES POR EL COLOCADOR Y/O ALMACENISTA, PERO NO APRECIABLES POR EL USUARIO FINAL)	FACILIDAD DE MANIPULACION (PESO, FORMA, TAMAÑO, ESPESOR, EMBALAJE, NUMERO DE PIEZAS COMBINABLES, ETC.,) RENDIMIENTO DE LA COLOCACION (FORMA, COMBINABILIDAD, ETC.,) ADHESION AL SUSTRATO ESTABILIDAD EN ALMACEN (CURVATURA, CUARTEO, ETC.,)	- CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON LA COLOCACION Y EL ALMACENAMIENTO. - DETERMINACION DE LA ABSORCION DE AGUA, POROSIDAD APARENTE, DENSIDAD APARENTE Y MASA VOLUMETRICA (ISO 10545/3) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CUARTEO, BALDOSAS ESMALTADAS. (ISO 10545/11)
CARACTERISTICAS DE USO (PERCEPTIBLES POR EL USUARIO FINAL, DESCONOCIDAS EN LA COMPRA)	PERDIDA DE ASPECTO (ROTURA, DESCONCHADO, CUARTEO, RETENCION DE SUCIEDAD INTERNA O EXTERNA, CAMBIO DE COLOR, BRILLO O DE ASPECTO SUPERFICIAL	- DETERMINACION DEL MODULO DE ROTURA Y DE LA CARGA DE ROTURA (ISO 10545/4) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO MEDIANTE LA MEDIDA DEL COEFICIENTE DE RESTITUCION (ISO 10545/5) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION PROFUNDA (ISO 10545/6) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION SUPERFICIAL (ISO 10545/7) - DETERMINACION DE LA EXPANSION POR HUMEDAD (ISO 10545/10) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CUARTEO, BALDOSAS ESMALTADAS. (ISO 10545/11) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HELADA (ISO 10545/12) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA (ISO 10545/13) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LAS MANCHAS. (ISO 10545/14)
	LIGADAS A LA SEGURIDAD (ROTURAS, O LESIONES, SUPERFICIE DESLIZANTE, POSIBILIDAD DE LIBERAR O EMITIR ELEMENTOS O COMPUESTOS NOCIVOS)	- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE FRICCION (ISO 10545/17) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HELADA (ISO 10545/12) - DETERMINACION DE LA EXPANSION POR HUMEDAD (ISO 10545/10)
	RELACIONADAS CON LA HIGIENE O DESINFECCION (ADHERENCIA, POROSIDAD, POSIBILIDAD DE LIBERAR POLVO, ETC.,)	- DETERMINACION DE LA ABSORCION DE AGUA, POROSIDAD APARENTE, DENSIDAD APARENTE Y MASA VOLUMETRICA (ISO 10545/3) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA (ISO 10545/13) - DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LAS MANCHAS (ISO 10545/14)

Los requisitos exigibles a las baldosas cerámicas para usos concretos no son una novedad, como se comentaba inicialmente. Muchas empresas realizan ensayos específicos, independientes de las normas actuales o anticipándose a ellas, para definir estos requisitos.

A continuación se detallan algunos ejemplos:

- Determinación de la resistencia a la abrasión de baldosas esmaltadas con ensayo de resistencia a las manchas después de la abrasión, que se ha utilizado y ha sido motivo de su incorporación a la normativa ISO.
- Determinación de la durabilidad de las baldosas cerámicas con respecto al desgaste por abrasión.
- Determinación de la resistencia al cuarteo con ensayos repetitivos a alta presión (3 ciclos a 10 kg/cm²).
- Determinación de la durabilidad de las baldosas cerámicas con respecto a la helada en condiciones reales.

- Determinación de la resistencia a los agentes químicos y a las manchas, mediante ensayos con agentes específicos.

Los requisitos exigibles deben someterse a continua revisión para mejorar la adaptación de las baldosas cerámicas a las expectativas del consumidor y para incluir nuevos usos con restricciones específicas. Además, deben ser dinámicos debido a la continua mejora de los métodos de ensayo de las características de calidad.

Lo que se pretende, al final, es disponer de una clasificación de los productos actuales de una empresa según sus posibles usos, o poder dar una idea lo mas clara posible de la idoneidad de los productos para enfrentarse a un nuevo uso específico (grandes superficies comerciales, salas de ordenadores, recubrimiento de túneles, etc.).

Teniendo en cuenta que las baldosas cerámicas cumplen muchos de los requisitos exigibles a los recubrimientos de construcción, y lo mencionado anteriormente, se han definido una serie de requisitos exigibles a las baldosas cerámicas para usos concretos. Figuras 10 a 12.

Como puede apreciarse se ha utilizado la normativa ISO para la cuantificación de los requisitos, aunque en algunos casos estas normas no se aproximan a los requisitos de uso. Esta es otra parte del trabajo continuado que hay que ir realizando para acercarse cada vez mas a las exigencias de uso y a las expectativas del consumidor.

Los valores de los requisitos se han obtenido mediante encuestas de reclamaciones de productos cerámicos y, siempre que ha sido posible, con estudios de durabilidad, que es la gran laguna de estudio de estos productos cerámicos.

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES PAVIMENTOS CERAMICOS	Valores sugeridos	
	Colocación sin junta	Colocación con junta
LONGITUD Y ANCHURA * Desviación admisible de la medida media de cada baldosa respecto a: - la dimensión de fabricación - la media de las baldosas de muestra	$\pm 0,6\%$ ($< 2,4$ mm) $\pm 0,5\%$ (1,5 mm)	$\pm 2\%$ (< 4 mm) $\pm 1,5\%$
GROSOR * Desviación admisible del grosor medio de cada baldosa respecto al grosor de fabricación	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
RECTITUD DE LADOS * Desviación máxima de rectitud	$\pm 0,5\%$ ($< 1,5$ mm)	$\pm 1\%$ (< 4 mm)
ORTOGONALIDAD * Desviación máxima de ortogonalidad	$\pm 0,6\%$ ($< 1,5$ mm)	$\pm 1\%$ (< 4 mm)
PLANITUD DE SUPERFICIE * Desviación máxima de planitud - curvatura central en relación con la diagonal - curvatura lateral - alabeo en relación con la diagonal	$\pm 0,5\%$ (< 2 mm) $\pm 0,5\%$ (< 2 mm) $\pm 0,5\%$ (< 2 mm)	$\pm 1,5\%$ (< 6 mm) $\pm 1,5\%$ (< 6 mm) $\pm 1,5\%$ (< 6 mm)
ASPECTO SUPERFICIAL	Un mínimo del 95% de las baldosas, examinadas a 1 m con 300 lux, debe estar libre de defectos	

Figura 10

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES REVESTIMIENTOS CERAMICOS	Valores sugeridos	
	Colocación sin junta	Colocación con junta
LONGITUD Y ANCHURA * Desviación admisible de la medida media de cada baldosa respecto a: - la dimensión de fabricación - la media de las baldosas de muestra	$\pm 0,5\%$ ($< 1,5$ mm) $\pm 0,3\%$	$\pm 2\%$ (< 4 mm) $\pm 1,5\%$
GROSOR * Desviación admisible del grosor medio de cada baldosa respecto al grosor de fabricación	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
RECTITUD DE LADOS * Desviación máxima de rectitud	$\pm 0,3\%$ ($< 1,2$ mm)	$\pm 0,6\%$ ($< 2,4$ mm)
ORTOGONALIDAD * Desviación máxima de ortogonalidad	$\pm 0,5\%$ ($< 1,5$ mm)	$\pm 1\%$ (< 4 mm)
PLANITUD DE SUPERFICIE * Desviación máxima de planitud - curvatura central en relación con la diagonal - curvatura lateral - alabeo en relación con la diagonal	$+0,5/-0,3\%$ (< 2 mm) $+0,5/-0,3\%$ (< 2 mm) $\pm 0,5\%$ (< 2 mm)	$\pm 1,5\%$ (< 6 mm) $\pm 1,5\%$ (< 6 mm) $\pm 1,5\%$ (< 6 mm)
ASPECTO SUPERFICIAL	Un mínimo del 95% de las baldosas, examinadas a 1 m con 300 lux, debe estar libre de defectos	

Figura 11

REQUISITOS DE BALDOSAS CERAMICAS						
CARACTERISTICAS		VALOR SUGERIDO				
		PIE	SIR	SER	SLC	SLI
DETERMINACION DE LA CARGA DE RUPTURA (N). ISO 10545/4. MINIMO		450	900	900	900	2000
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION PROFUNDA (mm3).BALDOSAS NO ESMALTADAS ISO 10545/6. MAXIMO		---	2365	2365	649	393
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA ABRASION. BALDOSAS ESMALTADAS ISO 10545/7. MINIMO CLASE		---	(1)	III	IV	IV
DETERMINACION DE LA EXPANSION POR HUMEDAD (mm/m). ISO 10545/10		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CUARTEO. ISO 10545/11 ACONSEJABLE 3 CICLOS 10 Kg/cm ²		R R	R R	R R	R R	R R
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HELADA ISO 10545/12. (EXIGIDA SEGUN CLIMA)		R(2)	---	R	R	R
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LOS AGENTES DE LIMPIEZA ISO 10545/13. MINIMO CLASE		A	A	A	A	A
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA QUIMICA. REACTIVOS A BAJAS CONCENTRACIONES. ISO 10545/13 MINIMO CLASE		B	B	B	B	B
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LAS MANCHAS. ISO 10545/14 MINIMO CLASE		3	3	3	3	3
DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE FRICCION. ISO 10545/14. MINIMO		---	0.4	0.4	0.4	0.4
PIE	BALDOSAS PARA PAREDES INTERIORES O EXTERIORES					
SIR	BALDOSAS PARA SUELOS INTERIORES DE LOCALES RESIDENCIALES					
SER	BALDOSAS PARA SUELOS EXTERIORES DE LOCALES RESIDENCIALES					
SLC	BALDOSAS PARA SUELOS DE LOCALES COMERCIALES O COLECTIVOS					
SLI	BALDOSAS PARA SUELOS DE LOCALES INDUSTRIALES					
R	RESISTENTE					
A, B, 3	CLASES DE LAS NORMAS ISO DE RESISTENCIA A LOS AGENTES DE LIMPIEZA, A LOS AGENTES QUIMICOS Y A LAS MANCHAS					
(1)	CLASE I. BAÑOS					
	CLASE II. DORMITORIOS					
	CLASE III. COCINAS Y LUGARES DE PASO FRECUENTE					
(2)	UNICAMENTE PARA PAREDES EXTERIORES					
---	SIN REQUISITOS					

Figura 12

BIBLIOGRAFIA

- (1) GONZALEZ CUDILLEIRO, M. La cooperación en el subsector de baldosas cerámicas. *Economía Industrial*, (286), 67-69, 1992.
- (2) AENOR. Baldosas cerámicas para pavimentos y revestimientos de suelos y paredes: recopilación de normas UNE. Madrid: AENOR, 1988.
- (3) PALMONARI, C., TIMELLINI, G. Claims and controversies in ceramic tile fixing. Bologna: Centro Ceramico, 1986
- (4) Colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos. A. García Verduch, coordinador. Castellón: ITC-AICE, 1993.
- (5) PORCAR, J.L. Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos. Castellón: Diputación, 1987.
- (6) Azulejos y pavimentos cerámicos españoles. A. Escardino, M. González, coordinadores. Castellón: AICE, 1991.
- (7) PALMONARI, C.; TENAGLIA, A. Definition of the classes of quality for ceramic floor and wall tile. *Ceram. Acta*, 2(6), 75-79, 1990.
- (8) PALMONARI, C. To know ceramic tiles: What instruments? *Cerám. Información*, (190), 54-61, 1993.
- (9) PALMONARI, C., BAUER, W. The international standards for ceramic floor/wall tiles: present situation and work in progress. En I World Congress on Ceramic Tile Quality (Qualicer). Castellón 1990.
- (10) WALTERS, P.A., HARRISON, R. The PEI abrasion test and the classification of glazed floor tiles. *Ceram Research* RP 741, 1986.
- (11) ENRIQUE, J.E., FELIU, C., SILVA, G. Simulation of abrasion in ceramic floor tiles as a result of pedestrian traffic. *Ceram. Acta*, 5(4-5), 61-71, 1993.
- (12) FELIU, C., et al. Analysis of some factors related to the degradation of glazed ceramic tiles through abrasion. En I World Congress on Ceramic Tile Quality (Qualicer). Castellón 1990.
- (13) BIFFI, G.; BILLI, F. La resistencia al desgaste de los azulejos cerámicos. ¿Que controles? *Cerám. Información*, (172), 22-26, 1992.
- (14) ESCARDINO, A., et al. Empleo del rugosímetro para el estudio cuantitativo de la degradación por abrasión de vidriados cerámicos. En II Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico (Qualicer). Castellón 1992.
- (15) CARANI, G.; TIMELLINI, G. et al. Abrasion resistance of glazed tiles: Characterization of the quality and prediction of performance in working conditions. *Ceram. Eng. Sci. Proc.* 12(1-2), 369-381, 1991.
- (16) MALKIN, F., HARRISON, R. A small mobile apparatus for measuring the coefficient of friction of floors. *J. Appl. Phys.* 13, 77-79, 1980.