



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



Pavimentos prefabricados de hormigón

Tipificación, ejecución y patologías

Armando Dobón Martínez

Tutor: Luis V. García Ballester

ARQUITECTURA TÉCNICA

CURSO 2010-2011

Contenido

INTRODUCCIÓN	2
1.HISTORIA Y CONCEPTOS GENERALES	3
1.1.ANTECEDENTES.....	3
1.2. CLASIFICACIÓN	4
2. FABRICACIÓN	11
2.1. MATERIAS PRIMAS	11
2.2 FABRICACIÓN	16
3. CONTROL DE CALIDAD.....	32
3.1. MATERIAS PRIMAS	32
3.1.1. CEMENTO.....	32
3.1.2. ARENA.....	34
3.1.3. AGUA.....	36
3.1.4. PIGMENTOS Y MARMOLINA.....	38
3.2. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO.....	39
3.3. COMPROBACIÓN VISUAL Y DIMENSIONAL	41
3.4. ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS	48
3.4.1.MEDIDA DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN Y CARGA DE ROTURA.....	48
3.4.2. RESISTENCIA AL DESGASTE Y LA ABRASIÓN.....	50
3.4.3. RESISTENCIA AL RESBALAMIENTO.....	56
3.4.4. RESISTENCIA AL HIELO/ DESHIELO CON SALES DESCONGELANTES.....	59
3.4.5. ABSORCIÓN DE AGUA.....	63
3.4.6. RESISTENCIA AL IMPACTO	65



3.5. TIPOS DE CONTROL Y CRITERIOS DE CONFORMIDAD	73
4. DISEÑO Y EJECUCIÓN	76
4.1 FACTORES DE DISEÑO	78
4.2. DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA SUPERFICIE	84
4.3. REPLANTEO DE LA SUPERFICIE	89
4.4. BORDES DE CONFINAMIENTO	93
4.5. JUNTAS.....	93
4.6. EMBALDOSADO	97
4.7. RELLENO DE JUNTAS.....	108
4.8. ACABADO DEL PAVIMENTO EN OBRA.....	110
4.9. MANTENIMIENTO.....	116
5. PATOLOGÍAS	119
5.1. PATOLOGÍAS DEL PRODUCTO	119
5.2. PATOLOGÍAS DE EJECUCIÓN.....	120
5.3. PATOLOGÍAS DEL SOPORTE CONSTRUCTIVO	124
6. CONCLUSIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	127

INTRODUCCIÓN

En primer lugar hablaré de porqué elegí realizar el trabajo final de carrera sobre los pavimentos prefabricados de hormigón.

Cuando empecé a hacer prácticas hace ya algunos años lo primero que encontré fue una obra con el pavimento puesto, sin embargo había comenzado a levantarse, aparecían cejas y en definitiva me encontraba en un edificio que sin haber tenido nunca tabiques necesitaba un arreglo. En aquel momento no me dí cuenta pero aquello se debía a que la lámina anti-impacto no tenía ningún tipo de protección, lo que convertía aquel sistema constructivo en un sándwich de dos elementos rígidos con una capa blanda, lo cual seguramente provocó la rotura de la capa de mortero. Encontrarme con aquello y no saber qué había pasado me hizo pensar que mi formación no era todo lo buena que debiera, lo cual podía deberse tanto a omisiones durante las lecciones o a falta de estudio, y por lo tanto mi formación no estaba completa.

Sin embargo aquello no fue un hecho aislado, ya que me lo encontré en otras obras, con problemas muy parecidos, pero había algo peor, la dirección no decía absolutamente nada sobre ello aunque podían pasarse horas discutiendo sobre otros temas como la fachada o la cubierta, y tal vez a que poco más que yo supiesen en ese momento sobre la correcta ejecución de un pavimento de terrazo. Porque es cierto que siempre ha habido una forma tradicional de hacer las cosas, pero con el tiempo todo evoluciona, y lo que antes podía estar bien, hoy en día sabemos que no lo estaba tanto como puede ser el caso de la capa de arena para separar el soporte del pavimento, no es que esté mal pero me he encontrado libros que hablaban de hasta 5cm cuando no debemos pasar de 2cm, y cuando hoy en día existen sistemas mejores como una simple lámina de poliuretano.

Por todo ello comencé a buscar información al respecto (la poca que había y que en su gran mayoría había sido escrita por los fabricantes), realicé visitas a Pavimentos Algemesí para comprobar el sistema de fabricación, y los controles en cuanto a materiales y producto acabado, y finalmente una visita a AIDICO empujado por mi tutor para comparar los ensayos exigidos por la norma con los reales y sobre todo para comprobar el proceso de concesión de un sello de calidad.

Todo ello he intentado plasmarlo en este trabajo con mayor o menor éxito pero desde luego a mí me ha servido para aprender mucho más y poder conocer el origen de todos los problemas que me encontré durante mis años en la obra.

1. HISTORIA Y CONCEPTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

Los pavimentos continuos son más conocidos internacionalmente por la designación de "terrazo", nombre de una población de la provincia de Verona, en Italia, de donde se extraían los mármoles de los antiguos mosaicos venecianos.

Con la aparición en 1824 del cemento "Portland", así denominado por su inventor el inglés Joseph Aspdin, se posibilitó la producción de piedra artificial, como elemento constructivo que permite obtener piezas de formas muy diversas mediante procesos industrializados, mejorando el comportamiento de los productos de pavimentación y dando respuesta a las necesidades de un creciente mercado. La tecnología de la piedra artificial dio paso al mosaico hidráulico, antecedente del terrazo, que desde el último cuarto del siglo XIX ha sido el material más usado y de mayor calidad con que se han pavimentado los suelos de las viviendas y que aún se sigue utilizando.

Este se diferencia de las baldosas actuales en su carácter artesanal, ya que se emplean moldes sobre los que se vierten morteros hidráulicos de diferentes colores obteniendo como resultado una baldosa con un mosaico en su cara vista

Con el desarrollo industrial en el sector de materiales para la construcción, apareció una nueva tipología de maquinaria y proceso de fabricación, que sin perder las posibilidades creativas del mosaico hidráulico, permitieron mejorar las características mecánicas de las baldosas y producirlas en series mayores, naciendo el terrazo.

El terrazo en forma de baldosas, permite aglutinar piedras naturales (de cantos rodados, granitos y /o mármoles triturados) mezcladas entre sí y con cemento Portland, habitualmente coloreado, que, una vez endurecido, permite obtener diferentes acabados superficiales para presentar una superficie lisa o rugosa y resaltar las formas y colores de sus componentes. Su superficie externa puede ser sometida a numerosos tratamientos mecánicos secundarios industrializados, que aumentan sus posibilidades estéticas y funcionales.

El uso del terrazo se generalizó en España a partir de la década de los 60, cuando se consiguió moldear y producir piezas en procesos de fabricación automatizados que ofrecían un producto de alta calidad y belleza, a precios muy competitivos.

Prácticamente la totalidad de la pavimentación de viviendas, locales comerciales y áreas peatonales entre los años 60 y 80 estaban constituidas por baldosas prefabricadas de hormigón.

A partir de los años 80 el terrazo lideró el mercado en la pavimentación de áreas comerciales y espacios peatonales, a pesar de la incorporación en el mercado de otros materiales. De hecho aún hoy siguen los prefabricados de hormigón siendo los más utilizados en pavimentación exterior debido a la relación calidad-precio.

1.2. CLASIFICACIÓN

Las baldosas prefabricadas son productos elaborados en fábrica a base de cemento y áridos de diversas naturalezas en función del uso al que están destinadas. Poseen dos capas una superior llamada huella (cara vista) y otra inferior llamada base. La huella o cara superior está constituida por trozos o granos de agregados (mármoles, calizas, granitos, sílices, basaltos) aglomerados con cemento, normalmente coloreado y sometido a un proceso de vibroprensado que permite diversos acabados en su cara vista. La composición de la cara superior de las baldosas puede ser muy variada, así como los tamaños de los agregados, desde chinás (piedras pequeñas) hasta trozos de mármol, que constituyen su superficie, tomando en cada caso una denominación específica en función de estos tamaños. La capa inferior que da soporte a la cara superior está formada por un mortero de cemento gris y con un acabado rugoso para facilitar la adherencia con el mortero de agarre.

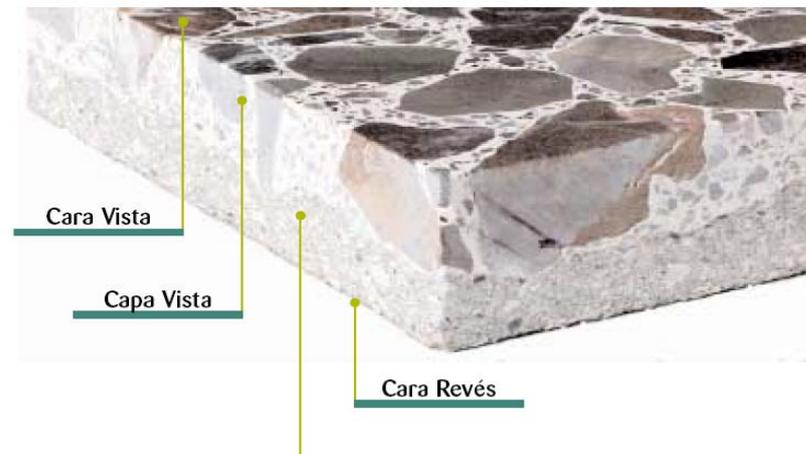


Imagen 1 Partes de un pavimento prefabricado de hormigón

Según las normas UNE actuales los pavimentos prefabricados de hormigón se pueden tipificar en:

- **Baldosas de hormigón (UNE 1339):** es aquel tipo de pavimento prefabricado de hormigón y cuyas dimensiones abarcan desde los 25cm de lado hasta los 60cm
- **Losas (UNE 1339):** es aquella baldosa prefabricada de hormigón con dimensiones superiores a los 60cm de lado.
- **Losetas (UNE 1339):** es aquella baldosa prefabricada de hormigón con dimensiones inferiores a los 25cm de lado.
- **Adoquines de hormigón (UNE 1338):** es aquel tipo de pavimento prefabricado de hormigón de dimensiones prismáticas de forma que su



longitud total dividida por su espesor es menor o igual que cuatro y que en ninguna de sus secciones transversales la distancia horizontal es menor a 50mm.

- **Terrazo exterior (UNE 13748-2):** es un pavimento de uso exterior formado por trozos de mármol o china aglomerado con cemento.
- **Terrazo interior (UNE 13748-1):** es un pavimento de uso interior formado por trozos de mármol o china aglomerado con cemento y cuya superficie habitualmente se pulimenta.
- **Baldosa hidráulica:** ésta se diferencia del resto por su carácter artesanal, ya que se emplean moldes sobre los que se vierten morteros hidráulicos de diferentes colores obteniendo como resultado una baldosa con un mosaico en su cara vista

Los pavimentos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Por el número de capas:

- **Bicapa:** se compone de capa de huella y capa de revés, la capa de huella debe tener un mínimo de 4 mm de grosor, y en todo caso el grosor de los áridos no puede ser superior a las 3/4 partes del espesor total de la capa de huella
- **Monocapa:** posee únicamente la capa de huella.

Por la localización de su uso:

- **Interior:** son aquellos pavimentos que por sus propiedades técnicas sólo pueden ser usados en el interior de edificaciones.
- **Exterior:** son aquellos pavimentos que por sus propiedades técnicas (resistencia a la heladicidad, resistencia al deslizamiento, resistencia al desgaste) y por el acabado de su superficie deben usarse en zonas exteriores. Son pavimentos exteriores las baldosas de hormigón, losas, losetas, adoquines de hormigón y el terrazo exterior.

Por el acabado superficial:

- **Pulido:** Acabado mediante el cual la cara vista queda perfectamente lisa, con el empleo en fábrica de pulidoras industriales, pudiéndose suministrar con diversos grados de pulido en función de los requerimientos del cliente, generalmente grano 220. En las baldosas pulidas se puede conseguir una amplia gama de colores y tonalidades al combinar los áridos y la pigmentación de la cara vista. La operación de pulido en fábrica conlleva un perfecto control de calidad, ya que se detecta cualquier defecto estructural y visual que pueda presentar la baldosa.
- **Granallado:** Con este procedimiento se consigue una superficie rugosa, antideslizante y plana. Este acabado se obtiene mediante un proceso de



granallado. El proceso de granallado se realiza mediante proyección a alta velocidad, por turbinas, de granalla de acero sobre la cara vista de la baldosa.

- **Lavado:** Acabado en el que, mediante procesos secundarios, se elimina parcialmente el mortero de su capa vista con el fin de dejar visibles los áridos.
- **Texturizado:** La textura de la cara vista se obtiene directamente del molde de la prensa, sin someter esta a tratamientos mecánicos.
- **Bajorrelieves:** Diseños especiales de la capa vista (en planta y alzado), obtenidos directamente de prensa. La capa vista de las baldosas puede tener multitud de diseños: pastillas, escudos, motivos decorativos, señales de identificación.
- **Táctil:** Acabado que permite obtener relieves especiales de las baldosas directamente de molde o prensa, posibilitando plantas y alzados de la capa vista específicos, que proporcionan informaciones concretas a usuarios discapacitados, permitiendo a su vez el paso de sillas de ruedas y el apoyo estable de bastones. Existen dos tipos
 - **Pavimento táctil de botones:** está diseñado para señalar un obstáculo o cualquier tipo de cambio de dirección (paso de cebra, esquina...)
 - **Pavimento táctil de bandas direccionales:** está diseñado para servir de guía en espacios abiertos (plazas)

Por el uso al que están destinados

- **Normal:** Son pavimentos destinados a un tráfico peatonal ligero
- **Intensivo:** Son aquellos pavimentos destinados a un tráfico peatonal intenso y el paso de vehículos ligeros.
- **Industrial:** Son aquellos pavimentos destinados a un tráfico tanto peatonal como de vehículos.
- **Exterior:** Son aquellos destinados únicamente al exterior siempre se considera que van a sufrir con un tráfico de vehículos pesados, aunque se empleen en zonas que en principio sólo son peatonales.

Por el tipo de grano

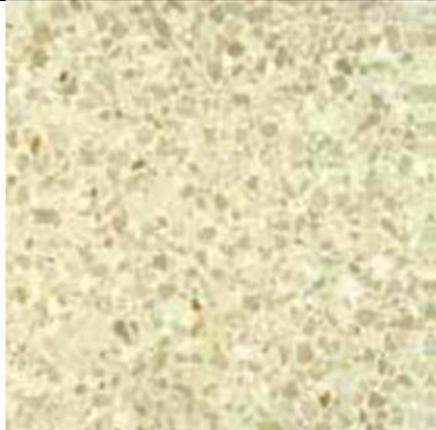
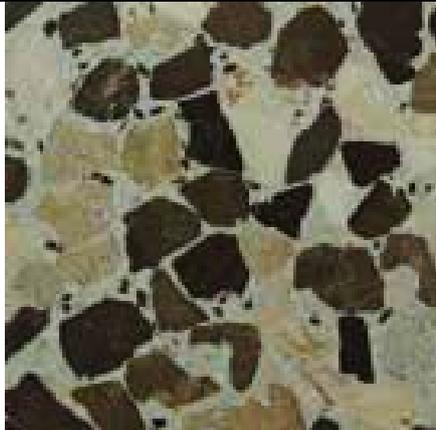
• Micrograno < 6mm	• Grano medio < 27mm
	
• Grano grueso <45mm	• Encachado >45mm
	

Tabla 1: RESUMEN CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Tipos	Clases	Dimensiones				Nºcapas	Usos	Acabado*
		LxB (cm)		Espesor (cm)				
Terrazo	Interior	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Monocapa	Normal	Pulido



						/ Bicapa	Intensivo	
							Industrial	
	Exterior	60x60	25x25	6	3		Exterior	Bajorrelieve Lavados Texturizados Granallado Mixtos
Baldosas	Losetas	25x25	15x15	6	2'5		Exterior	Granallado
	Baldosas	60x60	25x25	6	3		Exterior	Granallado Texturizado
	Losas	100x100	60x60	10	6		Exterior	Granallado Texturizado
Adoquines	-						Exterior	Granallado Texturizado
<p>*: se refiere a los acabados más comunes para cada tipo de suelo, a efectos prácticos cualquier combinación es posible aunque se desaconseja usar pulidos en pavimentos de uso exterior</p>								

Independientemente del tipo de pavimento que nos vayamos a encontrar, podemos hablar de una serie de propiedades comunes que son:

Variedad de diseños:

Las posibilidades de combinación de las baldosas terrazo son ilimitadas, proporcionando un pavimento que puede sorprender por su estética.

Alta durabilidad:

La durabilidad de un pavimento puede considerarse como la propiedad de mantenerse prácticamente inalterable con el uso y el tiempo.

Como factores determinantes se consideran los siguientes:



- Mínimo deterioro de su aspecto superficial (pérdida de brillo, arañazos...).
- Baja pérdida del espesor de la capa de huella.
- Inalterabilidad con el paso del tiempo.
- Posibilidad de recuperar el acabado de la cara vista.

Las baldosas de terrazo, por su alta resistencia al desgaste, soportan muy bien posibles agentes causantes de arañazos, manteniendo su brillo durante largo tiempo, y con mínimas pérdidas en el espesor de su capa de huella.

El tiempo no afecta a las propiedades del hormigón. En cuanto a sus posibilidades de recuperar el acabado superficial de su cara vista, son muy elevadas, porque permite reparaciones de pequeños defectos y un simple pulido devuelve el pavimento a su aspecto original.

Este pulido, que, en todo caso, tendría que efectuarse tras años de uso, implicaría únicamente la pérdida de décimas de milímetros de su capa de huella.

Resistencia al impacto:

Este tipo de pavimentación es muy resistente a los golpes fortuitos que puedan producirse al caerse objetos sobre él, resistiendo sin dañarse, según ensayo establecidos por las Normas UNE, la caída de una bola de 1 kg de masa, desde una altura mayor de 400, 500 o 600 mm (según los tipos).

Resistencia y reacción al fuego:

Las baldosas prefabricadas de hormigón al no contener ningún tipo de sustancia orgánica son altamente resistentes al fuego, no siendo reactivas frente a él, por lo que son muy adecuadas para su utilización en interior. De hecho según las normas se considera que este tipo de pavimentos poseen una resistencia al fuego de clase A1 sin necesidad de comprobarlo con ningún ensayo, siempre y cuando no se añadan aditivos como puedan ser hidrofugantes, en cuyo caso deberemos recurrir a algún tipo de comprobación.

Facilidad de mantenimiento:

El pavimento, una vez que sus juntas han sido selladas, presenta una superficie continua, evitando la acumulación de agua o residuos en ningún punto.

Para limpiar las baldosas, bastará con utilizar agua y jabón de pH neutro. Cuando sea necesario, se aplicará un abrillantado con productos específicos.

**Baja permeabilidad:**

Poseen una baja absorción de agua por su cara vista, alcanzándose una gran impermeabilización después de la fase de abrillantado final.

Antideslizamiento:

Presentan una buena resistencia al deslizamiento. En general, el buen comportamiento de cualquier pavimento está ligado a una correcta ejecución, así como a las características del soporte (solera, forjados, etc.) y a una adecuada disposición de las juntas para absorber movimientos producidos por efectos térmicos y deformaciones bajo acción de cargas.

2. FABRICACIÓN

2.1. MATERIAS PRIMAS

Las baldosas de terrazo se fabrican dosificando de forma adecuada las siguientes materias primas:

- Cemento pórtland (gris y/o blanco).
- Agua.
- Polvo de mármol.
- Arenas.
- Agregados gruesos.
- Pigmentos o colorantes.
- Aditivos.



Imagen 2: Materias primas de las baldosas de terrazo

CEMENTO

Cemento pórtland gris

Se usa mezclado con arena para formar el dorso de las baldosas y en algunos casos en la cara vista.

El cemento debe cumplir los requisitos establecidos en las Normas UNE, siendo recomendable cementos de resistencia media para el dorso y de resistencia alta para la cara vista. La clase de un cemento viene determinada por su resistencia mínima a compresión en MPa ($1 \text{ MPa} \approx 10 \text{ kgf/cm}^2$) a los 28 días, medida en probetas de hormigón normalizado.



Cemento pórtland blanco

Se utiliza junto con los agregados, el polvo de mármol, los colorantes y el agua para formar la cara que queda expuesta. El cemento blanco debe cumplir los requisitos establecidos y pertenecer al tipo 1.

El cemento pórtland blanco es un conglomerante hidráulico que respecto a sus propiedades mecánico-resistentes no es distinta de los cementos grises de su misma clase y categoría. Se diferencia de ellos, en algunas materias primas utilizadas en la fabricación de clínker y en que puede ser utilizado en una mayor gama de aplicaciones por su coloración.

Para la fabricación de terrazos, estos cementos deben tener un elevado índice de blancura (característica especial de este tipo de cemento), facilidad para ser trabajados y alcanzar una resistencia mecánica mínima a la compresión de 25 MPa a los 28 días.

En la dosificación de la cara vista de un terrazo de calidad pueden utilizarse proporciones de una parte de cemento por 1 ó 1,5 partes de polvo de mármol.

POLVO DE MARMOL

El polvo de mármol que se mezcla con el cemento blanco para formar el mortero de cara vista de los terrazos, se obtiene, generalmente, a partir de triturados finos de mármol, cuya composición química corresponde a la del carbonato cálcico cristalizado.

Para obtener un terrazo uniforme es imprescindible usar un polvo de mármol uniforme tanto en finura como en color y además libre de impurezas.

El polvo de mármol desempeña un papel decisivo en el comportamiento de la mezclas de la cara vista, el cual está relacionado con la distribución y el tamaño de las partículas que los constituyen, que han de pasar en su totalidad por el tamiz 1,41 mm y del 75 al 80% quedar retenidas en el tamiz 88.

Para orientarse sobre las características del polvo de mármol conviene determinar su composición o análisis granulométrico. En general, la cantidad de impalpables (partículas que pasan por el tamiz 88 μ) en el polvo de mármol no debe sobrepasar el 30% del peso del cemento que interviene en la mezcla polvo-cemento.

No es recomendable utilizar polvo de mármol de tamaño mayor de 1 mm , porque esto ocasiona "pintas" visibles en la parte del mortero, dando mal aspecto al terrazo terminado.

Hay que tener en cuenta que el mortero contiene cemento, que, en su casi totalidad, pasa por el tamiz 0,088 mm, lo que aumenta el contenido de impalpables del mortero. Por eso, para obtener una curva ideal es necesario que el polvo de mármol



contenga de antemano menos del 28% de impalpables cuando se usa polvo de mármol de tamaño máximo de 1 mm.. Se ha encontrado en la práctica que la cantidad óptima de impalpables en el polvo de mármol se encuentra entre el 15 y 20% cuando se usa una dosificación de 100 a 120% de polvo de mármol en relación al cemento.

El exceso de impalpables o finos menores de 0,088 (tamiz Nº. 170 ó 88 milímetros tiene muchas desventajas:

- Disminuye la resistencia del cemento (produce un terrazo de menor calidad).
- El terrazo pulido queda menos brillante por pérdida de cohesión entre el polvo de mármol y el cemento.
- Aumenta la impermeabilidad de la cara vista (quedan zonas más oscuras por tardar el terrazo mucho en secar).
- Cambian los tonos del terrazo cuando se usan colorantes (a mayor cantidad de impalpables, mayor dilución del color, dando un tono más claro).
- Hace la pasta más plástica, dificultando el asentamiento por vibración (mala compactación, diferencias de espesor en la pasta blanca y huecos).
- Impide el paso de agua al reverso del terrazo en el prensado. En este caso hay un exceso de agua en la cara vista y falta de agua en el revés, originando una baja resistencia del terrazo.

Es por eso que se debe insistir bastante sobre la importancia de la granulometría del polvo de mármol y su correcta dosificación en la manufactura y calidad del terrazo.

ARENAS

Las arenas se usan junto con el cemento pórtland gris, para la formación del dorso de la baldosa. Su limpieza y humedad son de gran importancia para definir las características de esta capa inferior.

La procedencia de las arenas es diversa y puede ser de cantera o de río.

Las arenas deben tener el grado de humedad necesario para lograr una perfecta unión entre las dos capas que forman la baldosa. Su tamaño máximo no debe ser mayor de 5 mm.

AGREGADOS GRUESOS



Los agregados pétreos utilizados para la cara vista noble del terrazo proceden de rocas naturales y deben ser objeto de una especial atención para asegurarse que reúnan la resistencia mecánica suficiente y la estabilidad química necesaria.

Se deben considerar las características de dureza, resistencia y densidad, que en principio son factores muy importantes, y, de acuerdo con estas características, se fija la presión de la prensa.

Estos productos se deben utilizar lavados para evitar el polvo adherido, las impurezas de arcilla y otros materiales perjudiciales que puedan afectar la adherencia del cemento, el fraguado, el endurecimiento o la coloración.

Los agregados utilizados en la fabricación del terrazo abarcan desde el polvo hasta los trozos de mármol de 15 a 20 cm de lado. En caso de utilizar estos últimos, el espesor de las plaquetas puede llegar a ser del orden de 3/4 del espesor de la pieza. El tamaño máximo de los granos no debe exceder de la mitad del espesor total de la baldosa sin pulir para agregados de tamaño inferior a 20 mm.

Según la naturaleza y el tamaño de los agregados empleados, se puede establecer una división entre distintos tipos de baldosas de terrazo, que varía según cada fabricante. Así se puede hablar de terrazo granítico, basáltico, calizo etc., o bien terrazo micrograno, aglomerado, travertino, etc.

Es importante señalar que agregados del mismo color pero de distinta procedencia pueden poseer características físicas y mecánicas muy diferentes. El fabricante, es quien debe saber seleccionar el tipo más idóneo de agregado según el uso al cual se destine el terrazo.

PIGMENTOS O COLORANTES

Los pigmentos o colorantes son los que modifican el color del mortero de la cara vista. Estos han de ser químicamente compatibles con la cal liberada en la hidratación del cemento y su composición química no debe influir sobre las reacciones de hidratación y endurecimiento del cemento. Deben ser estables y no sufrir alteraciones al ser expuestos a la intemperie, por lo que no es aconsejable utilizar colorantes de naturaleza orgánica, ya que éstos no tienen la estabilidad suficiente.

El colorante está molido muy fino y por ello se comporta en la mezcla con el cemento como polvo impalpable. Debe tener gran poder colorante (poder cubriente) con el fin de consumir la menor proporción posible, para no aumentar la cantidad de impalpables presentes en la mezcla.

La proporción de colorantes a utilizar puede llegar hasta el 2,5 o 3%, en casos normales, del peso de cemento. Mayor cantidad, por tratarse de compuestos muy finamente molidos, podrían rebajar las resistencias de la mezcla.

Los pigmentos deben estar convenientemente homogeneizados para que no se produzca una coloración irregular, por lo tanto es conveniente mezclarlos con el cemento en seco antes de preparar la pasta.

Serán especialmente indicados los pigmentos a base de óxidos metálicos que cumplan las siguientes condiciones.

Tabla 2: Composición de los pigmentos

COMPONENTES	CANTIDAD (%)
Contenido de óxido metálico	>90%
Materias volátiles	<1%
Contenido de sales solubles en agua	<1%
Residuo sobre el tamiz 63 μ o No.230 (0,063 mm)	<0,50%
Contenidos de cloruros y sulfatos solubles en agua	<0,1%
Contenido de óxido de calcio	<5%

Un pigmento defectuoso o de mala calidad podría presentar alguna de las siguientes deficiencias:

- Ataque por la cal proveniente de la hidratación del cemento.
- Cambio del tiempo en el fraguado del cemento.
- Falta de estabilidad a la luz.
- Contener anilina o sales solubles que produzcan un escurrimiento de color o fluorescencia.
- Estar mal molidos.
- No tener suficiente poder colorante.

AGUA

Podrán ser utilizadas, tanto para la mezcla como para el curado, todas las aguas que no perjudiquen al fraguado o endurecimiento de los morteros.

ADITIVOS

Se podrán utilizar aditivos siempre que se justifique, mediante los ensayos oportunos, que la substancia agregada en las proporciones previstas produce el efecto

deseado sin perturbar las demás características del concreto o mortero. Los más utilizados en la fabricación del terrazo son los hidrófugos.

2.2 FABRICACIÓN

DOSIFICACIÓN Y AMASADO

Básicamente se emplean, como se ha visto, cemento blanco y gris, polvo de mármol, arena para el mortero de revés, piedra caliza o mármol granulado, colorantes y agua.

Los sistemas para la dosificar cada materia prima varía, de esta manera para los cementos y la marmolina se emplean medios mecánicos muy exactos, con el fin de conseguir la mayor uniformidad posible. Para el agua se emplea un sistema volumétrico dependiendo de la fase de fabricación, la capa vista tiene la cantidad suficiente para extender la pasta en el molde durante la fase de vibrado pero no más, mientras la capa de revés tiene la suficiente para conseguir el equilibrio de humedad durante el prensado.

Para los pigmentos y los aditivos el sistema es puramente manual usando básculas de precisión o sistemas automáticos.

Las proporciones que se indican a continuación pueden sufrir variaciones, pero se ciñen bastante bien a las usadas por los industriales del ramo que fabrican un terrazo de buena calidad.

La dosificación de cemento blanco se sitúa entre el 20 y el 27% del peso de los materiales secos en la cara vista en función del tamaño máximo de agregado utilizado. Este cemento debe tener una buena resistencia mecánica a la flexotracción para que se pueda pulir y para que se puedan obtener superficies brillantes, aparte de una buena resistencia al desgaste.

La dosificación de cemento gris en la cara de revés se sitúa entre el 25 y el 35% del peso de los materiales secos. Es importante señalar que en algunos diseños se usa el cemento gris en la cara vista.

La cantidad del polvo de mármol a usar en la mezcla de la cara vista no debe exceder del 28% en peso de materiales secos para que la mezcla resulte homogénea.

La cantidad de agregado a utilizar en la cara vista debe oscilar entre un 50 y un 75% del peso del total de materiales secos. Es importante que el mortero usado en la composición de la cara vista no tenga, en ningún caso, un volumen inferior al de los huecos que dejan entre sí los granos de agregados.

Cuando se usa exceso de agregado, el mortero no alcanza a llenar los huecos que dejan entre si los granos del agregado usado, quedando grandes hormigueros, que se manifiestan durante el pulido del terrazo. Además, si la fuerza de compresión de la prensa es mayor que la resistencia del agregado, éste se rompe, agravándose el defecto citado.

Una vez tenemos la dosificación deseada para el terrazo comienza el proceso de amasado, el cual se realiza en mezcladoras de eje vertical, apropiadas para conseguir un mezclado homogéneo de la masa, uniforme y sin burbujas de aire. La homogeneidad de la masa deberá mantenerse a lo largo de la descarga de la amasadora.



Imagen 3: Dosificación de mortero para fabricación de baldosas

Durante el proceso de amasado se añade el agua para conseguir una plasticidad constante de la masa.

Las mezcladoras de contracorriente tienen unas paletas o álabes diseñados especialmente para no dejar espacios libres en el fondo y paredes de la máquina. El tiempo de mezclado se ajusta para conseguir una mezcla homogénea.

VIBROPRESADO

Esta es la primera fase en la fabricación del producto y en ella se define la pieza en cuanto a tamaño y demás características geométricas.

Se realiza en prensas compuestas por una gran mesa giratoria sobre la que van colocados varios moldes en los cuales se pueden fabricar un número variable de piezas en función del tamaño de las mismas. La mesa gira y se detiene en diferentes posiciones, llamadas estaciones. En la primera estación, se vierte sobre el molde el

material de la cara noble o cara vista (según las proporciones y composiciones vistas anteriormente).



Imagen 4: Sistema de fabricación de baldosas de terrazo

A continuación, existen varias estaciones en las que el material contenido en el molde experimenta una vibración, con el fin de que la pasta quede bien repartida y sin burbujas de aire en su interior, con lo que se elimina la posibilidad de que existan poros producidos por la salida del aire.

En la operación del vibrado se deben tener presentes los siguientes cuidados:

Los moldes de la prensa y el sistema de vibrado deben estar bien nivelados para que al accionarlas no se acumulen los agregados, el mortero o ambos, en alguna esquina del molde.

El llenado manual de la pasta blanca o la pasta de la cara vista en el molde hay que hacerlo con medidas siempre iguales evitando la segregación. El dosificador automático es la maquinaria más empleada para esta operación, porque mezcla y dosifica siempre en forma constante.

Cuando se usa agregado grueso, hay que poner primero el agregado, cuidando de que esté limpio de polvo. Posteriormente se añade el mortero de cemento, esto se hace así para poder controlar el espesor alcanzado por los áridos ya que en caso de sobrepasar un límite producirá un punto débil en la baldosa.

En el asentamiento de la pasta blanca actúa la fuerza de inercia y, en contra de ella, la fricción de las partículas de la pasta. Para obtener un perfecto asentamiento es necesario bajar la viscosidad (disminución de la fricción) sin aumentar el contenido de agua. Ello se consigue disminuyendo los impalpables del polvo de mármol y aplicando



la vibración adecuada en el molde. El exceso de cemento también aumenta la viscosidad.

La vibración es más efectiva cuando se aplica en dos fases de distinta amplitud: Una previa de 50 períodos por segundo, para distribuir y allanar la pasta en el molde, y otra posterior de 100 períodos por segundo, para vencer la fricción y perfeccionar el asentamiento. Lógicamente, cada fabricante de maquinaria tiene su propia tecnología y puede variar tanto el número de estaciones como el número de ciclos en cada estación.

El asentamiento es completo cuando se forma en la superficie de la pasta una ligera capa de agua. Así se consigue:

- Una homogénea distribución del granulado.
- Un gradual asentamiento de la pasta.
- Reducción de la presencia de burbujas de aire.
- Un espesor uniforme.

En la siguiente estación de la mesa se realiza el vertido del mortero de la cara de revés. Se debe asegurar que el mortero quede bien repartido y llene completa o parcialmente el molde, a fin de que el material tenga, una vez fabricado, el mismo espesor en toda su superficie y no presente defectos de origen que podrían influir notablemente en el resto de las etapas de la fabricación.

El siguiente paso es el prensado del material, el cual es conveniente realizarlo en dos etapas: Un prensado previo a unos 5MPa de presión y un segundo prensado que se debe realizar a partir de 16 MPa. El prensado se efectúa entre 16 y 18 MPa de presión, según el tamaño de los moldes. Cuando se usa una compresión previa, ésta se efectúa a 5 MPa. La precompresión ayuda notablemente al perfecto formado del terrazo y evita los defectos de pegado "escurrido" por el borde inferior del molde.

El prensado debe durar como mínimo de cinco a seis segundos, al igual que la vibración en cada una de las estaciones. En el caso del vibrado, se da tiempo a un perfecto asentamiento de la pasta, y en el caso del prensado, se da tiempo al paso del agua excedente de la pasta blanca al mortero del revés quedando el terrazo perfectamente formado, sobre todo en sus cantos. En ambos casos es necesario para dejar salir las burbujas de aire.

El principal defecto que se puede presentar en la formación del terrazo prensado es el pegado o en caso extremo, el "escupido" por el borde inferior del molde, originado por las siguientes causas:

- Insuficiente tiempo de prensado y/o vibrado.
- Excesiva finura en las materias primas del mortero de la pasta blanca.



- Alta finura de la arena del mortero del revés y/o exceso de cemento.
- Escapes de pasta entre el molde y superficie del fondo.

Por último, la fase que resta es desmoldar el material que puede ser tanto manual como automáticamente.

Si el terrazo bien prensado sale en capas del molde, o se le hacen grietas horizontales en los cantos, puede deberse a:

- Granos muy grandes en el mortero del revés.
- Poca presión usada.
- Desgaste del molde.

Si los granos de agregado aparecen quebrados es que se ha usado demasiada presión en relación a la dureza del agregado y/o se ha usado cantidad insuficiente de mortero en la pasta de la cara vista.

El tiempo que la pieza debe permanecer en cada una de las estaciones depende, en gran medida, del modelo que se esté fabricando y de la maquinaria usada. Así, con maquinaria potente de gran capacidad de prensado y rápido vibrado, el tiempo de estación puede ser menor, con lo que aumenta notablemente la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, se rebajan los costos de fabricación.

Cuando el material ha sido extraído de la prensa, la siguiente etapa de fabricación es el curado.

CURADO

Esta operación consiste en dejar que la pieza endurezca para obtener una resistencia suficiente que le permita ser colocada sin alteraciones y soportar las tensiones a las que se verá sometida posteriormente. Es necesario que el terrazo esté continuamente húmedo hasta el momento de efectuar el pulido. Se debe empezar a regar el terrazo cuando el endurecimiento inicial esté completo y el terrazo aún fresco (más o menos 8 horas después de prensado). No se debe olvidar que uno de los principales componentes es el cemento y que, por lo tanto, debe realizar su reacción de hidratación de forma adecuada para obtener las características precisas.

El curado es muy importante y determina en gran medida la calidad y dureza posterior del terrazo, e influye en el tiempo necesario para efectuar el pulido.

El curado del terrazo se puede realizar por medios naturales o artificiales de acuerdo con las facilidades de cada fabricante. El secado natural consiste en dejar que el material endurezca de forma espontánea sin someterlo a ningún procedimiento. Hay que evitar las corrientes de aire, las bajas temperaturas, la sequedad del ambiente y



los cambios bruscos de temperatura, (es muy importante que tenga siempre una humedad adecuada). Con ello se consigue un curado óptimo del producto.

Una forma muy aconsejable de realizar el curado natural, aunque costosa, consiste en introducir el terrazo recién prensado en cámaras húmedas herméticas durante varios días aprovechando el calor de hidratación del cemento para acelerar el endurecimiento del terrazo.

Estas cámaras conservan siempre su buena temperatura y humedad en su uso continuo, con lo que se obtiene generalmente material de dureza suficiente para ser pulido a los tres días

El curado del material de forma artificial consiste en acelerar su endurecimiento con ayuda de vapor húmedo en cámaras especiales. Si bien disminuyen los costos de almacenamiento del producto semielaborado y acelera el plazo de entrega del material al cliente, también incrementa considerablemente el costo de secado, debido a los gastos adicionales de generación de vapor y para hacer herméticas las cámaras de curado y secado.

Otro método de curado y secado artificial del material consiste en sumergirlo en cámaras de agua estancada a temperatura no menor de 15° C, o regarlo continuamente. Este sistema es muy aconsejable, ya que tiende a conseguir unas resistencias elevadas y uniformes de las piezas.

TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

Durante este proceso se somete a la baldosa a un fuerte ataque mecánico en su superficie de forma que se detecta cualquier defecto superficial. Los tratamientos secundarios son:

- **Pulido:** El objetivo es dejar la baldosa completamente lisa La pulidora consta de diversos cabezales en los cuales se montan distintas muelas abrasivas con diferentes tamaños de granos, que van puliendo la pieza de forma gradual, produciéndose así el desbastado, pulido y abrillantado.
- **Granallado:** El proceso consiste en someter la superficie de la cara vista de las piezas a la proyección de granalla de acero a alta velocidad, mediante turbinas o boquillas de proyección eliminando una mínima parte de la misma y dejando los áridos vistos y la superficie de la baldosa con una textura rugosa y antideslizante.
- **Lavado:** Este tratamiento deja a la vista los áridos que componen la capa de huella de la baldosa. El lavado se realiza mediante dos procedimientos:
 - Lavando la superficie de la baldosa con agua pulverizada después del prensado de la misma, tras lo cual pasa al proceso del curado.

- Usando papeles retardadores del fraguado que se colocan sobre la superficie de la cara vista y que retrasan su endurecimiento. Transcurrido un mínimo de 24 horas, se somete la superficie de la cara vista a un lavado con agua a presión o a un cepillado
- **Acabados mixtos:** Es la combinación de varios de los tratamientos anteriores.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Recepción y almacenamiento de las materias primas. | 5. Tratamientos de acabado. |
| 2. Dosificación y amasado de la capa vista y del revés | 6. Inspección y control de calidad. |
| 3. Vibroprensado. | 7. Paletizado e identificación. |
| 4. Curado. | 8. Almacenamiento. |
| | 9. Suministro y recepción en obra. |

EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

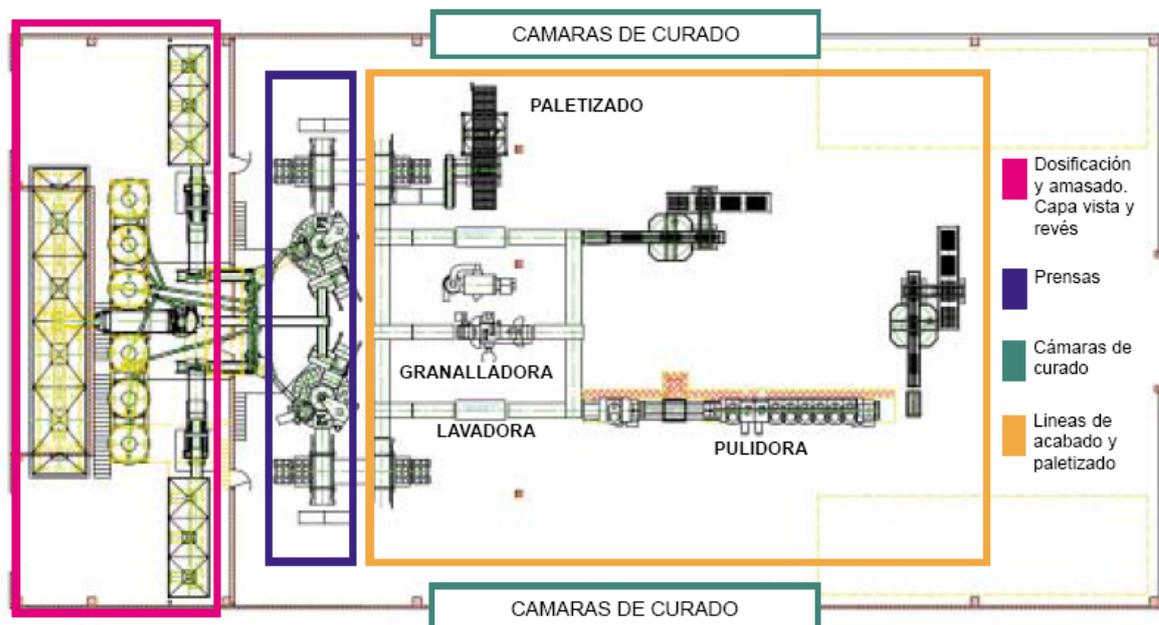


Ilustración 1: Esquema de distribución de una fábrica de pavimentos

PALETIZADO E IDENTIFICACIÓN

Una vez que se ha terminado el proceso de fabricación se procede a su paletizado en la imagen se pueden ver algunos ejemplos.

PALET DE 1 x 1 m

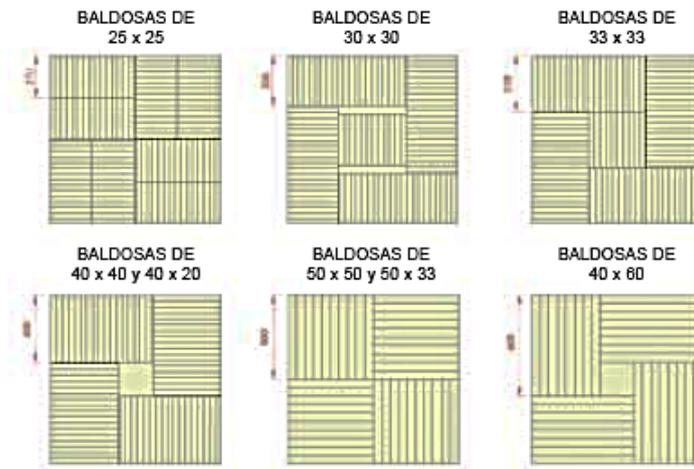


Ilustración 2: Ejemplos de paletizado

Los siguientes datos relativos a las baldosas suministradas de acuerdo con esta norma deben marcarse claramente en el albarán, factura, certificado del suministrador o del fabricante, o documentación comercial entregada con el suministro de las baldosas:

- identificación del fabricante;
- identificación de esta norma;
- identificación de la fecha de producción;
- identificación del marcado, en cada palé o paquete, o al menos en el 3% de las unidades;
- identificación del producto;
- formato y clases, cuando sea aplicable.

Terrazo de uso interior

En todos los productos que se comercializan dentro de la CEE debe aparecer obligatoriamente el símbolo de marcado CE en el embalaje y/o en la información comercial que lo acompaña, además deberá aparecer:

- Nombre o logotipo y dirección registrada del fabricante.
- Dos últimas cifras del año de marcado.
- Referencia a la norma UNE 13748-1
- Descripción del producto (dimensiones, clase, uso...).
- Información de las características del material:

- Reacción al fuego.
- Impermeabilidad al agua.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia al resbalamiento.
- Conductividad térmica.

Puesto que el marcado CE es una exigencia europea se puede hacer una declaración de prestación no determinada en aquellas características para las que no se exija unos límites en el estado miembro de destino.

	<p>El marcado de conformidad CE, consiste en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CE</p>
<p>Compañía dirección</p> <p>03</p>	<p>Nombre o logotipo y dirección registrada del fabricante.</p> <p>Dos últimos dígitos del año de impresión del marcado.</p>
<p style="text-align: center;">EN 13748-1</p> <p>Baldosas de terrazo para uso interior, clase por espesor I</p> <p>Reacción al fuego: AI_n</p> <p>Impermeabilidad al agua: 7%</p> <p>Resistencia a flexión (rotura): 5,5 MPa</p> <p>Carga de rotura Clase I</p> <p>Resistencia al resbalamiento: Satisfactoria</p> <p>Conductividad térmica: PND</p>	<p>Nº de la Norma Europea.</p> <p>Descripción del producto e información sobre las características reguladas.</p>

Ilustración 3: Ejemplo de marcado CE baldosas de terrazo interior

Terrazo de uso exterior

Es igual que el marcado en el terrazo de uso interior, simplemente cambia la referencia a la norma (UNE 13748-2) y se debe añadir una característica del material que es la resistencia climática.

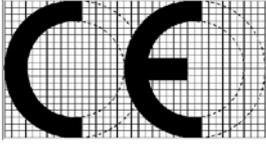
	<p><i>Símbolo del mercado CE, de acuerdo con la Directiva 93/68/CEE</i></p>
<p>Compañía, dirección</p> <p>03</p>	<p><i>Nombre o logotipo y dirección del fabricante.</i></p> <p><i>Dos últimos dígitos del año de impresión del mercado.</i></p>
<p>EN 13748-2</p> <p>Baldosas de terrazo para uso exterior, clase por espesor I</p> <p>Reacción al fuego: A1_d</p> <p>Resistencia climática: clase B</p> <p>Resistencia a flexión: TT</p> <p>Resistencia al resbalamiento/deslizamiento: Satisfactoria</p> <p>Conductividad térmica: PND</p>	<p><i>Nº de la Norma Europea.</i></p> <p><i>Descripción del producto e información relativa a las características reglamentadas.</i></p>

Ilustración 4: Ejemplo de marcado CE baldosas de terrazo exterior

Baldosas y adoquines de hormigón

Debe aparecer obligatoriamente el símbolo de marcado CE en el embalaje y/o en la información comercial que lo acompaña, además deberá aparecer:

- Nombre o logotipo y dirección registrada del fabricante.
- Dos últimas cifras del año de marcado.
- Referencia a la norma UNE 1338 (Adoquines de hormigón) UNE 1339 (Baldosas de hormigón).
- Tipo de producto y usos previstos.
- Información de las características del material:

En este caso las características del material dependen del uso previsto, este puede ser :

Circulación peatonal o de vehículos:

- Resistencia a la rotura
- Resistencia al deslizamiento.
- Durabilidad.

Uso interior o de solería:

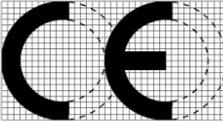
- Reacción al fuego.
- Resistencia a la rotura.
- Resistencia al deslizamiento.
- Durabilidad.
- Conductividad térmica (si procede).

Cubiertas

- Comportamiento ante fuego externo.

Además todos los tipos de pavimento sin excepción deben poseer una declaración de conformidad en la que debe constar:

- Nombre y dirección del fabricante, o de su representante autorizado.
- Descripción del producto (dimensiones, clase, uso...).
- Disposiciones de la norma con las que el marcado es conforme.
- Condiciones particulares aplicables al producto.
- Nombre y cargo de la persona facultada para firmar la declaración en nombre del fabricante o de su representante.

			
Compañía, dirección 2000			
EN 1339			
Baldosas prefabricadas de hormigón			
Uso previsto:	Solería interior	Solería exterior	Cubierta
Emisión de amianto	Aprobado	X	X
Resistencia a rotura (MPa)	3,5	3,5	X
Resistencia al deslizamiento/resbalamiento	Satisfactorio	Satisfactorio	X
Conductividad térmica [W/(mK)]	1,2	X	X
Comportamiento ante fuego externo	X	X	Se considera satisfactorio
Durabilidad	Satisfactorio	Satisfactorio	X
Reacción al fuego	A1	X	X
X = no relevante			

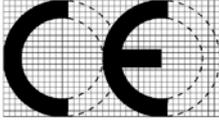
			
Compañía, dirección 2000			
EN 1339			
Baldosas prefabricadas de hormigón (donde su cara vista ha sido sometida a pulido para producir una superficie muy lisa)			
Uso previsto:	Solería Interior	Solería Exterior	Cubierta
Resistencia a rotura (MPa)	3,5	3,5	X
Resistencia al deslizamiento/resbalamiento	45	45	X
Conductividad térmica [W/(mK)]	1,2	X	X
Comportamiento ante fuego externo	X	X	Se considera satisfactorio
Durabilidad	Satisfactorio	Satisfactorio	X
Reacción al fuego	A1	X	X
X = no relevante			

Ilustración 5: Ejemplos de marcado CE en baldosas de hormigón

En el caso de los pavimentos prefabricados de hormigón el marcado CE se determina mediante un sistema de evaluación 4, esto significa que es el propio fabricante el que debe establecer el control de calidad conforme a las normas vigentes. Por lo tanto no excluye en ningún caso de realizar los ensayos pertinentes por parte del constructor. Todos los productos deben ir acompañados de una declaración CE de conformidad, firmada por persona física en la que se indique tanto el nombre completo como el cargo que ocupa.



DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD

El abajo firmante, en representación de la empresa:

Nombre de la empresa o del representante legal autorizado en el EEE

Dirección completa

DECLARA QUE:

El producto: *Descripción/identificación del producto (tipo, clasificación, modelo, uso, etc.,)*

Cumple con el ANEXO ZA de la norma UNE-EN

(En el caso de productos motorizados se deberá incluir también el cumplimiento de las Directivas 98/37/CE, 73/23/CE y 89/336/CE)

Condiciones particulares aplicables a la utilización del producto (si procede).

Nombre y dirección del organismo notificado (sólo para sistemas de evaluación 1+, 1 y 2+)

Número del certificado emitido por el organismo notificado (sólo para sistemas de evaluación 1+, 1 y 2+)

(En la declaración CE no es necesario que se incluyan las características declaradas en el marcado CE).

Nombre y cargo del firmante
de la Declaración,

FIRMA

Fecha: XX/YY/ZZZZ

Ilustración 6: Ejemplo de declaración de conformidad del fabricante

Además puede incluirse el sello de calidad otorgado por entidad acreditada y ajena al fabricante, que confirma que el material cumple unos límites, y que al contrario que el marcado CE exige al constructor de realizar los ensayos establecidos por la norma, limitando el control de calidad a un examen visual y a la verificación del material recibido, aunque dependiendo de la situación pueda resultar conveniente realizar alguno de los ensayos normalizados.

Existen tres tipos de sellos por los cuales podemos librarnos de realizar ensayos de material en la recepción a obra:



- Marca CV de AIDICO
- Marca N de AENOR
- Marca Q de ECA

Para la obtención de cualquiera de ellos el sistema es el mismo, se realiza un ensayo tipo de las baldosas y una auditoría, en la que se comprueba el laboratorio de control de calidad de la fábrica, así como el sistema de almacenamiento tanto de las materias primas como del producto acabado, y realiza inspecciones anuales una vez otorgado el sello.





Un ejemplo de albarán en la entrega puede ser:



CE	DATOS DEL FABRICANTE		SELLO DE CALIDAD SI PROCEDE
PRODUCTO (TERRAZO INTERIOR, TERRAZO EXTERIOR, BALDOSA HORMIGÓN) REFERENCIA A LA NORMA UNE			
DIMENSIONES	Base x Longitud x Espesor		
COLOR	Rojo, Blanco, Verde,...		
ACABADO	Pulido, Bajorrelieve, Granallado,...		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (MARCADO CE)			
PROPIEDAD	VALOR	MARCADO	FECHA DE ENSAYO
Reacción al fuego			
Impermeabilidad al agua			
Resistencia a la flexión			
Resistencia al deslizamiento (acabado en fábrica)			
Conductividad térmica			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (SELLO DE CALIDAD)			
PROPIEDAD	VALOR	MARCADO	FECHA DE ENSAYO
Aspecto, dimensiones y forma			
Resistencia a flexión			
Carga de rotura			
Desgaste por abrasión			
Absorción de agua total			
Absorción de agua por la cara vista			
Resistencia al impacto			
Resistencia al deslizamiento (acabado en fábrica)			
DATOS CLIENTE (EMPRESA, DIRECCIÓN, TELÉFONO)			
NºLote:	FECHA RECEPCIÓN	M2 LOTE SERVIDOS	M2 LOTE RESTANTE
Firma del fabricante		Firma recepción	
OBSERVACIONES:			

Debemos tener en cuenta que el marcado CE no nos exime de realizar ensayos, y que en el caso de los prefabricados de hormigón es el propio fabricante quién lo realiza, si además tiene sello de calidad entonces tendremos en cuenta que éste se comprueba una vez al año. Es por lo tanto muy recomendable realizar controles de calidad, sobre todo porque en muchas ocasiones nos pueden llegar a servir un material que no ha acabado de curar.

3. CONTROL DE CALIDAD

3.1. MATERIAS PRIMAS

Antes de hablar de los controles de calidad para cada materia prima cabe señalar que lo usual en las fábricas es trabajar con materiales con un sello de calidad, por lo que aún aquellas con una certificación de entidad reconocida como AIDICO o AENOR no tienen el material necesario en el laboratorio para realizar los ensayos de calidad. Por ello aunque se incluyen los ensayos de calidad de los materiales se hace de una forma muy rápida y esquemática.

3.1.1. CEMENTO

Resistencias mecánicas

Se realiza una probeta de mortero de cemento de dimensiones de 4x4x16 cm con una relación en peso de 1:3:0,5 para ello el mortero debe hacerse de una forma un tanto especial, en un principio debe verterse el cemento y el agua en la amasadora y poner ésta en un modo de amasado lento durante 30 segundos posteriormente seguimos con un amasado lento durante otros 30 segundos durante el cual añadimos la arena, pasamos a un amasado rápido, realizamos una pausa de 90 segundos y finalizamos con un amasado rápido de 60 segundos

Para compactarlo el hormigón debe verterse en dos capas y realizar 60 golpes por capa para asegurar el compactado, 24 horas después puede desmoldarse e introducirlo en agua hasta la fecha de rotura.

Las probetas se someten a un ensayo de flexión y a otro de compresión, el resultado de ensayo se defina como la media aritmética de seis determinaciones de resistencia a compresión sobre una serie de tres prismas. En caso de que uno de los resultados difiera en más de un 10% se rechaza el resultado y se toma la media de los 5 restantes, si son varios resultados los que difieren se rechaza toda la muestra.

Determinación de los tiempos de fraguado y de la estabilidad de volumen

Se pesan en una balanza 500 g de cemento con una precisión de ± 1 g y una cantidad de agua, por ejemplo 125 g. Cuando el agua se mide en volumen utilizando la bureta o la probeta graduada se debe medir con precisión de ± 1 ml. Se mezcla mecánicamente cada lote de pasta de cemento utilizando la amasadora. La duración de las diferentes etapas de mezclado se refiere al tiempo en el cual se conecta/desconecta la amasadora y se debe mantener durante ± 2 s.

Con la amasadora en posición de funcionamiento:

a) Se colocan el agua y el cemento en el cazo teniendo cuidado de no perder agua o cemento; se completa la adición en los 10 s posteriores.

b) Inmediatamente se enciende la amasadora a velocidad lenta mientras empieza el tiempo de las etapas de amasado. Además, se anota el tiempo al minuto más cercano como tiempo cero.

c) Tras 90 s se detiene la amasadora durante 30 s, tiempo durante el cual se elimina con un rascador de plástico o caucho adecuado toda la masa adherida a las paredes y al fondo del cazo y se coloca en medio del mismo.

d) Se pone en marcha nuevamente la amasadora a velocidad lenta durante otros 90 s. El tiempo total de amasado debe ser de 3 min.

La pasta obtenida se dispone en el aparato de Vicat, donde dicha pasta es penetrada por una sonda de 10mm de diámetro, a una profundidad de 34mm, a los 4 minutos de de iniciar el amasado de la pasta

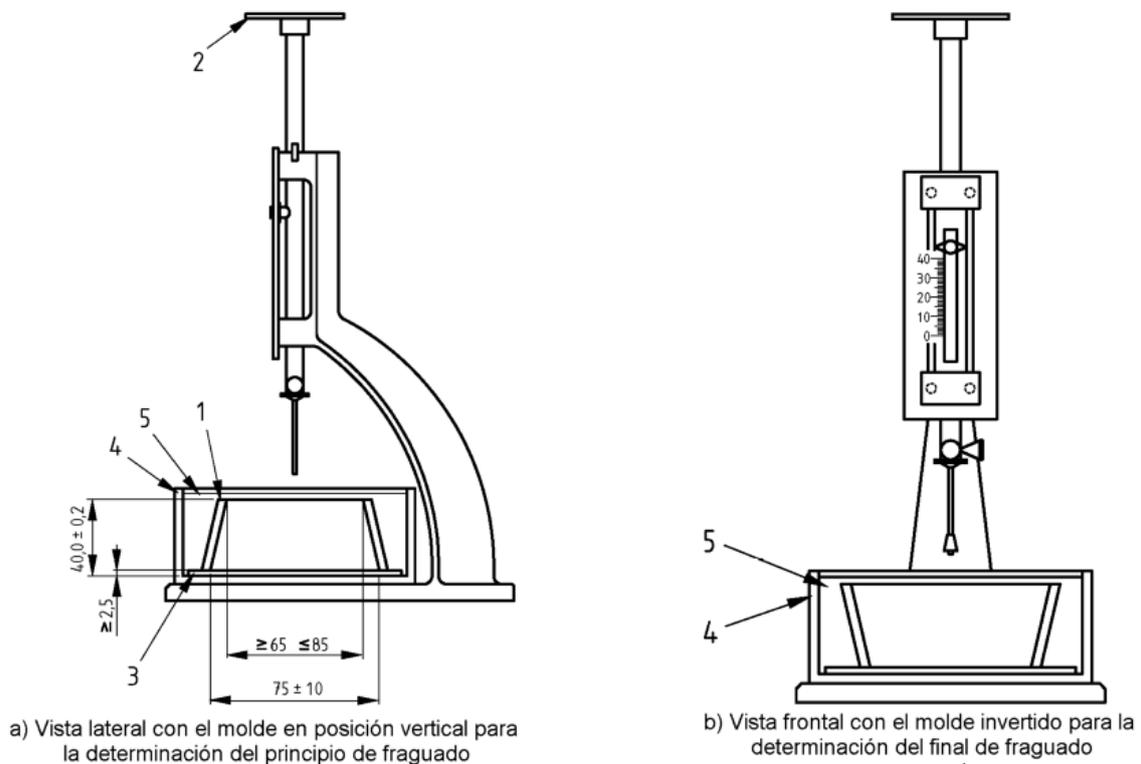


Ilustración 7: Aparato de Vicat

Con el mismo aparato de Vicat observamos la penetración de una aguja. Para ello se contabiliza el tiempo desde que se amasa una pasta de consistencia normal hasta que la aguja penetra 36mm y hasta que se produzca una penetración de 0,5mm.

Finalmente para determinar la estabilidad de volumen se usa el método de Le Chatelier, con el empleo de dos agujas. Para ello se llenan los recipientes de las agujas con pasta de consistencia normal y se introducen en armario húmedo (20°C y 98% humedad relativa) durante 24 horas se mide la distancia entre las puntas de las agujas dando una primera medida, posteriormente se introduce en ebullición durante 3 horas dando una segunda medida. La expansión se considera la diferencia entre ambas medidas. Deben realizarse dos determinaciones.

3.1.2. ARENA

Determinación de humedad y densidad

En primer lugar es necesario conocer los volúmenes con los que trabajamos, esto lo hacemos pesando tanto en la grava como en la arena la masa de una muestra saturada con la superficie seca, para ello emplearemos métodos distintos.

En el caso de las gravas empleamos la balanza hidrostática para pesaremos una vez con la muestra en el aire, y una segunda vez con la muestra sumergida en el agua, el volumen será la diferencia entre ambos resultados dividida por la densidad del líquido.

En las arenas emplearemos un picnómetro y tendremos tres pesos el de la muestra de arena, el del picnómetro con el agua y el del picnómetro con el agua más la muestra sumergida. El volumen será la diferencia entre el tercer peso y la suma de los dos primeros dividido entre la densidad del agua.

Densidad aparente

Se trata simplemente de llenar un recipiente de volumen conocido, esto es 10dm³ para un tamaño máximo de árido de hasta 25mm y 15dm³ para un tamaño máximo de árido de 40mm. Los recipientes se llenan en tres tongadas y se compacta cada tongada con 25 golpes con una varilla de 16 mm de diámetro y 600mm de longitud. Una vez obtenidos todos los datos dividimos peso entre el volumen aparente y obtenemos la densidad.

Friabilidad de las arenas

Este ensayo se realiza en arenas de 0,1/2 mm que deben estar completamente secas. Posteriormente en una máquina Micro-Deval introducimos 500g de muestra de arena, 2500g de carga abrasiva (9 bolas de acero de Ø30mm, 21 de Ø18mm y completamos con bolas de Ø10mm hasta llegar a los 2500g), y 2500g de agua. La muestra dará 1500 vueltas, después de las cuales se pasará la muestra por el tamiz de 0,05mm el resultado será el % de arena que pasa por el tamiz.

Resistencia a la fragmentación

Este sistema nos indica la friabilidad de los áridos gruesos, es decir aquellos entre 10 y 14mm.

Es importante en este punto que la muestra esté completamente seca y se ajuste a unas granulometrías:

Tabla 3: Granulometrías adecuadas para en el ensayo de resistencia a la fragmentación

Granulometría 1		Granulometría 2	
Fracción	Muestra	Fracción	Muestra
10/12,5	60-70%	10/11,2	30-40%
12,5/14	40-30%	11,2/14	70-60%

Finalmente se introducen en la máquina de los Ángeles una muestra de 5000g y una carga abrasiva consistente en 11 bolas de acero de Ø45-49mm hasta alcanzar una masa comprendida entre 4690 y 4860g. Después se pasará el material por un tamiz de 1,6mm el resultado será el % de pérdida de peso que pasa por el tamiz.

Pérdida de peso en soluciones de sulfato magnésico

Se someten dos probetas de árido con una granulometría comprendida entre 10 mm y 14 mm a cinco ciclos de inmersión en una solución saturada de sulfato de magnesio, seguida de un secado en una estufa a (110 ± 5) °C. Con este procedimiento, las submuestras de árido se ven sometidas a esfuerzos repetidos producidos por las cristalizaciones y rehidrataciones del sulfato de magnesio en los huecos del árido. La disgregación producida por dichos esfuerzos se mide por la cantidad de material producido con granulometría inferior a 10 mm.

Se considera la pérdida máxima de peso es del 18% en áridos gruesos y del 15% en áridos finos.

Azul de metileno

Este ensayo permite determinar la naturaleza de los áridos, y que la arcilla, la materia orgánica y los hidróxidos de hierro absorben el azul de metileno.

El método consiste en añadir sucesivamente pequeñas dosis (5ml) de una solución de azul de metileno a una suspensión de la muestra de ensayo (200g) en agua (500ml). Después de cada dosis, se comprueba la absorción de solución colorante por



la muestra de ensayo, realizando un ensayo de coloración sobre papel de filtro para detectar la presencia de colorante libre.

Tras confirmar la presencia de colorante libre, se calcula el valor de azul de metileno (MB o MB_F), expresado en gramos de colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada.

Propiedades geométricas

El ensayo consiste en dividir y separar, mediante una serie de tamices, un material en varias fracciones granulométricas de tamaño decreciente. Los tamaños de abertura y el número de tamices se seleccionan según la naturaleza de la muestra y según la precisión requerida.

El método adoptado consiste en el lavado del árido y su posterior tamizado en vía seca. Cuando el lavado pueda alterar algunas propiedades físicas de los áridos ligeros, se debe realizar el tamizado en vía seca.

Verter el material lavado y secado (o directamente la muestra seca) en la columna de tamizado. La columna está formada por cierta cantidad de tamices ensamblados y dispuestos, de arriba a abajo, en orden decreciente de tamaños de abertura con el fondo y la tapa.

Agitar la columna, manual o mecánicamente, y retirar entonces los tamices uno a uno, comenzando con el de mayor tamaño de abertura y agitar cada tamiz manualmente asegurando que no se pierde ningún material utilizando, por ejemplo, un fondo y una tapa.

Trasvasar todo el material que pasa por cada tamiz al siguiente tamiz de la columna antes de continuar la operación con ese tamiz.

Finalmente se obtiene un porcentaje de la masa retenida en cada tamiz.

En el caso de lajas se realizará un cribado en un tamiz de barras durante un minuto, considerando aceptado una vez que no varíe en más de un 1% el rechazo para el cribado de cada granulometría.

3.1.3. AGUA

Determinación del pH

En primer lugar es necesario determinar el pH del agua que debe ser mayor o igual a 5, para ello sumergiremos papel indicador dentro del agua de muestra, secaremos el exceso de agua y después de 15 a 30 segundos compararemos con la escala de colores del fabricante. Pueden darse los siguientes casos:

Tabla 4: Grados de pH del agua

pH	Grado
1 a 3	Muy ácida
4	Ácida
5 a 6	Moderadamente ácida
7	Neutra
8	Moderadamente básica
9 a 10	Básica
11 a 14	Muy básica

Determinación de la presencia de sulfatos

Para este ensayo verteremos 100cm^3 en un vaso de precipitados de 200cm^3 . Si el pH es mayor de 7 lo bajaremos con ácido clorhídrico, posteriormente calentaremos el agua y paralelamente prepararemos 10cm^3 de cloruro bórico en un vaso de 50cm^3 que calentaremos, cuando comience a hervir el agua añadiremos el cloruro bórico mientras removemos con una varilla. Si se forma un precipitado blanco significa que contiene sulfatos.

Determinación de la presencia de cloruros

Para este ensayo mezclaremos nitrato de plata con 15cm^3 de agua, si se forma un precipitado blanco significa que contiene cloruros.

Determinación de la presencia de hidratos de carbono

En un tubo de ensayo con 15cm^3 de agua añadiremos una disolución alcohólica α -naftol y finalmente añadiremos ácido sulfúrico concentrado. Si el agua contiene sacarosa se formará un anillo violeta en la línea de separación del agua y el ácido sulfúrico.

Determinación de la presencia de sustancias orgánicas

En un vaso de 100cm^3 ponemos 50cm^3 de agua sobre la cual rallamos una pastilla de alcanfor. Si el agua tuviera cualquier tipo de grasa o aceite las partículas de alcanfor permanecerán quietas si el agua es limpia darán vueltas sobre la superficie.

3.1.4. PIGMENTOS Y MARMOLINA

Determinación del contenido de óxido de calcio libre

Se subdivide la muestra de laboratorio, preparada de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.2.2 de la Norma EN 450, mediante un método adecuado para obtener una submuestra de unos 100 g. Se pasa esta submuestra a través del tamiz de ensayo (0,063mm). Se muele cualquier residuo en el mortero hasta que toda la submuestra pase completamente a través del tamiz. Se homogeneiza la submuestra total y se coloca en el desecador hasta su ensayo.

Posteriormente se coloca una porción pesada de 1,0 g a 1,5 g de la submuestra, preparada, en el matraz de 250 ml y se añade una mezcla de 12 ml de ácido butanoico, 3-oxo etil éster y 80 ml de 2-butanol. Se ajusta el matraz al serpentín condensador de reflujo y el tubo de absorción y se deja hervir durante 3 h. Se filtra la mezcla templada a través del crisol filtrante. Se lava el residuo con 50 ml de 2-propanol. Si el filtrado está turbio, se rechaza y se repite la extracción con una nueva porción pesada de la submuestra.

Se añaden unas cuantas gotas del indicador de azul de bromofenol al filtrado y se valora con ácido clorhídrico hasta que el color vire a amarillo.

El contenido en calcio libre se determina con la siguiente fórmula:

$$W_{ca} = \frac{28'04xCxV}{mx1000} x100$$

C: concentración (en mol/l) de la solución de ácido clorhídrico

V: volumen (en ml) de la solución de ácido clorhídrico empleado en la valoración

m: proporción pesada (en g) de la muestra

El contenido de calcio libre se considera la media de dos repeticiones.

Determinación de la finura por tamizado en húmedo

Para este ensayo necesitaremos un tamiz de 0,045mm, una boquilla de proyección, una estufa de secado, un manómetro de 160kPa graduado a intervalos de 5kPa y una balanza con una determinación de hasta 0,001g.

Secar al menos 1 g de la muestra en la estufa (véase 3.4) a $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante.

Extraer aproximadamente 1 g, pesado con una aproximación de 0,001 g, de la muestra seca de la estufa a un tamiz limpio y seco.

Mojar completamente la muestra con un suave flujo de agua utilizando por ejemplo un frasco lavador manual.

Quitar el tamiz de la acción de la boquilla y ajustar la presión del agua a (80 ± 5) kPa.

Colocar el tamiz en posición bajo la boquilla y lavar durante (60 ± 10) s, vigilando que el final de la boquilla se encuentre entre 10 mm y 15 mm por debajo de la parte superior del armazón, y girando horizontalmente el tamiz aproximadamente a una revolución por segundo.

Quitar el tamiz de su posición bajo la boquilla, aclarar con aproximadamente 50 ml de alcohol o agua destilada y secar la humedad residual que quede en la parte inferior de la malla del tamiz. Secar el tamiz y el residuo hasta masa constante en la estufa ventilada a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$. Enfriar el tamiz y el residuo en su desecador y pesar el residuo con una aproximación de 0,001 g.

Para calcular la finura de una muestra, expresada como el porcentaje en peso, se empleará la siguiente ecuación y su resultado se aproximará al 0,10%:

$$r = \frac{f \cdot ms}{mo} \cdot 100$$

r: finura de la muestra expresada como el porcentaje en peso que queda retenido en el tamiz

f: factor de corrección del tamiz

ms: residuo de la muestra (en gramos)

mo: peso original de la muestra (en gramos)

El resultado final será la media de dos ensayos con un decimal.

3.2. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO

En este capítulo diferenciaré entre el control de calidad que debe realizarse en fábrica del que debe realizarse en la obra a la recepción de un envío.

El control de calidad en fábrica nos interesa sobretodo porque es el que se sigue a la hora de otorgar el sello de calidad, en él se realizan los ensayos tipo iniciales, y los adicionales en el caso de realizar cambios en la fabricación de la baldosa como pueda ser el cambio de gravas o cambios en el cemento, además deben mantener un estricto control de calidad tanto en las materias primas como en el sistema de fabricación, incluyendo el estado de la maquinaria. Si bien el sello de calidad sólo realiza un ensayo tipo de las baldosas y una auditoría, en la que comprueba el laboratorio de



control de calidad de la fábrica, así como el sistema de almacenamiento tanto de las materias primas como del producto acabado, y realiza inspecciones anuales una vez otorgado el sello.

El procedimiento de muestreo y criterio de conformidad para la recepción de un envío distingue dos casos según las normas UNE:

- Caso I: El producto no ha sido sometido a una evaluación de la conformidad por una tercera parte
- Caso II: El producto ha sido sometido a una evaluación de la conformidad por una tercera parte.

Si se da el caso II, no son necesarios ensayos de recepción, excepto en caso de disputa. El ensayo de los aspectos visuales debe realizarse antes de los ensayos de las otras propiedades. Dicho ensayo debe realizarse conjuntamente por el cliente y el fabricante en el lugar donde ellos acuerden, normalmente en la obra o en la fábrica.

El resto de ensayos, excepto el de aspectos visuales, deben realizarse en un laboratorio acordado por el cliente y el fabricante. Ambos deben tener la posibilidad de ser testigos de la toma de muestras y de los ensayos. Los ensayos pueden ser realizados empleando el equipo del fabricante, si éste ha sido calibrado.

En caso de disputa sólo debe ser sometida a ensayo la propiedad o propiedades en conflicto.

Se debe tomar una muestra por cada lote entregado, las normas establecen que los lotes pueden ser de dos tipos dependiendo del tipo de procedimiento de muestreo:

- Caso I: 1000 m².
- Caso II: hasta 2000 m² dependiendo de las circunstancias del caso en desacuerdo.

Si el lote está formado por la mitad de las cantidades establecidas debe añadirse un lote parcial al lote inicial de la entrega.

El número de baldosas de cada muestra varía en función del tipo de ensayo y del tipo de baldosa a ensayar, dependiendo del resultado del ensayo las normas clasifican las baldosas por tipos, que son los que habrá que tener en cuenta a la hora de comprobar el marcado. A continuación se establece una tabla en la que se indica el número de baldosas a ensayar según el tipo de baldosa.

Tabla 5: Muestras según tipo de pavimento para los distintos tipos de ensayos

PROPIEDADES	TIPO DE BALDOSA				
	TERRAZO USO INTERIOR	TERRAZO USO EXTERIOR	BALDOSA HORMIGÓN		ADOQUINES
			CLASE I	CLASE II	
Aspectos visuales	8	8	8	4 (16)	20
Forma y dimensiones	8	8	8	4 (16)	8
Resistencia a flexión	4	4	8	4 (16)	8
Carga rotura	4	4	8	4 (16)	8
Resistencia a la abrasión	3	3	3	3	3
Resistencia al deslizamiento	5	5	5	5	5
Resistencia climática					
Clase 2	-	3	3	3	3
Clase 3	-	3	3	3	3
Absorción de agua	3	-	-	-	-
Resistencia al impacto	3	-	-	-	-

3.3. COMPROBACIÓN VISUAL Y DIMENSIONAL

ASPECTOS VISUALES

Es la comprobación más sencilla, se colocan las muestras en el suelo formando un cuadrado, posteriormente en condiciones normales y a la luz del día, se debe colocar un observador a dos metros de cada lado y comprobar que ninguna baldosa tiene grietas o exfoliaciones en caso de ser bicapa, y en ningún caso cambios notables de coloración.

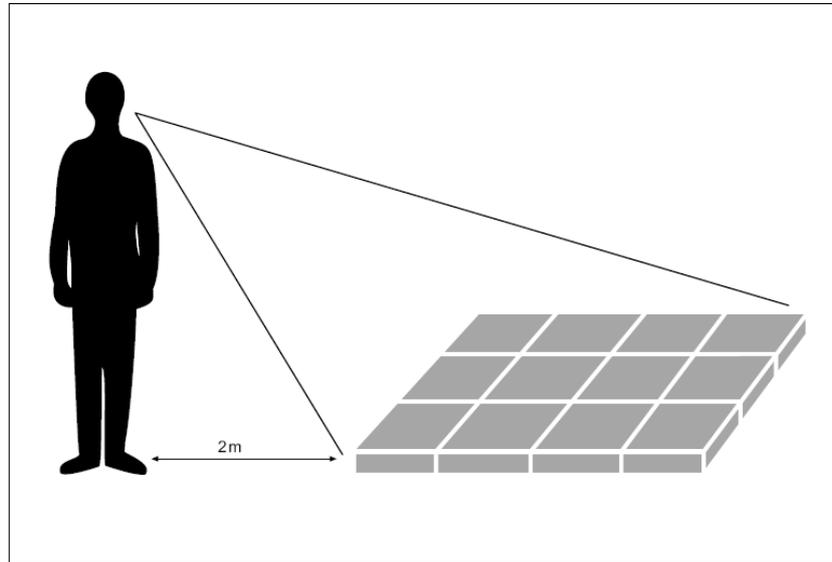


Ilustración 8: Ensayo de aspectos visuales

FORMA Y DIMENSIONES

Para la comprobación de los bordes necesitamos una regla con una precisión de 0'5mm y un calibre de 0'1mm. El ensayo consiste en comprobar la longitud del lado con la regla, posteriormente con el calibre mediremos la mayor distancia entre la regla y el borde de forma que comprobaremos su rectitud según los límites establecidos.

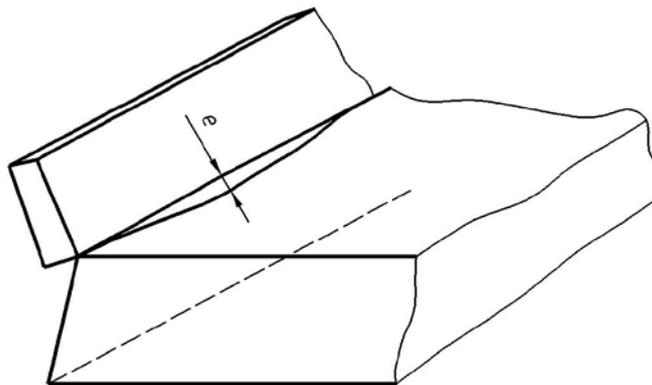


Ilustración 9: Ensayo de forma

A la hora de comprobar la planeidad de la cara vista debemos hacer algo semejante, ya que se miden las dos diagonales, y se comprueba la distancia de la regla a la cara plana de la baldosa, anotando todas las medidas.

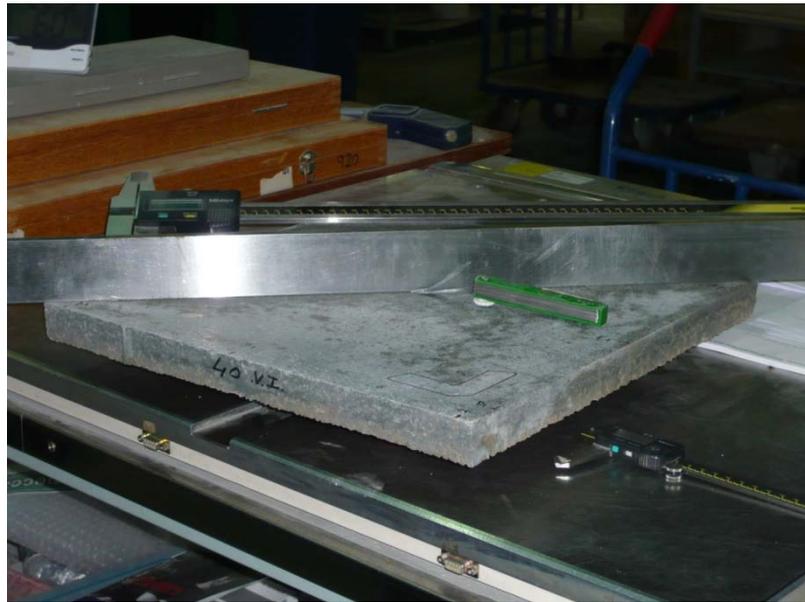


Imagen 5: Ejemplo real de comprobación de la planeidad mediante galgas

En caso de que la baldosa tenga chaflán, deben tomarse cuatro medidas (una por lado), a la hora de comprobar la medida debemos calcular el valor medio de las dimensiones horizontal y vertical redondeando al milímetro más cercano.

Finalmente se mide la doble capa, para ello se usa un baldosa partida, se mide el espesor de la capa donde se prevea el valor mínimo, no se debe medir en el chaflán y deben ignorarse los áridos que puedan haberse quedado adheridos de la capa principal.



Imagen 6: Ejemplo real de comprobación dimensional de la baldosa

A continuación se muestra un cuadro con las tolerancias para cada tipo de pavimento.

Tabla 6: Tolerancias dimensionales en las baldosas de hormigón

	TERRAZO USO INTERIOR UNE-EN 13748-1	TERRAZO USO EXTERIOR UNE-EN 13748-2	BALDOSA HORMIGÓN UNE-EN 1339			
			CLASE	MARCA	DIMENSION NOMINAL (mm)	LONGITUD Y ANCHURA (mm)
LONGITUD DEL LADO	± 0.3%	± 0.3%	1	N	Todas	± 5
			2	P	≤ 600	± 2
					> 600	± 3
			3	R	Todas	± 2
ESPESOR (*) TOTAL	± 2mm(e < 40mm)	± 2mm(e < 40mm)	CLASE	MARCA	ESPESOR (mm)	
	± 3mm(e ≥ 40mm)	± 3mm(e ≥ 40mm)	1	N	± 3	
	± 1mm(calibradas)	± 1mm(calibradas)	2	P	± 3	
			3	R	± 2	
DIFERENCIA MÁXIMA ENTRE DIAGONALES	LA NORMA NO ESTABLECE ESTE REQUISITO	LA NORMA NO ESTABLECE ESTE REQUISITO	CLASE	MARCA	DIAGONAL (mm)	MAXIMA DIFERENCIA (mm)
			1	J	≤ 850 > 850	58
			2	K	≤ 850 > 850	36
			3	L	≤ 850 > 850	24
ESPESOR DE LA CAPA DE HUELLA	CLASE I (Th I) Baldosas que requieren ser pulidas tras su colocación ≥ 8 mm CLASE II (Th II) Baldosas que no requieren ser pulidas tras su colocación ≥ 4 mm	CLASE I (Th I) Baldosas que requieren ser pulidas tras su colocación ≥ 8 mm CLASE II (Th II) Baldosas que no requieren ser pulidas tras su colocación ≥ 4 mm	≥ 4 mm			
RECTITUD BORDES DE LA CARA VISTA	± 0,3% de la longitud del borde considerado	± 0,3% de la longitud del borde considerado	LA NORMA NO ESTABLECE ESTE REQUISITO			
PLANEIDAD DE LA CARA VISTA	± 0,3% de la longitud de la diagonal	± 0,3% de la longitud de la diagonal	LONGITUD REGLA (mm)	CONVEXIDAD MÁXIMA (mm)	CONCAVIDAD MÁXIMA (mm)	



(BALDOSAS PLANAS)	considerada	considerada	300	1,5	1,0
			400	2,0	1,5
			500	2,5	1,5
			800	4,0	2,5

Tabla 7: Tolerancias dimensionales en adoquines de hormigón

	ADOQUINES UNE EN 1338		
	ESPESOR	TOLERANCIA	
LONGITUD DEL LADO	< 100mm	±2	
	≥ 100mm	±3	
ANCHURA	< 100mm	±2	
	≥ 100mm	±3	
ESPESOR	< 100mm	±3	
	≥ 100mm	±4	
DIFERENCIA MÁXIMA ENTRE DIAGONALES	CLASE	MARCADO	DIFERENCIA (mm)
	1	J	5
	2	K	3
PLANEIDAD DE LA CARA VISTA	LONGITUD DISPOSITIVO DE MEDIDA (mm)	CONVEXIDAD MÁXIMA (mm)	CONCAVIDAD MÁXIMA (mm)
	300	1'5	1'0
	400	2'0	1'5

Es necesario en este apartado mencionar los pavimentos táctiles ya que por su singular función, los ensayos de forma y dimensiones tienen un valor añadido, por lo tanto deben comprobarse todas las dimensiones en su superficie, ya que es su forma la que le da su funcionalidad.

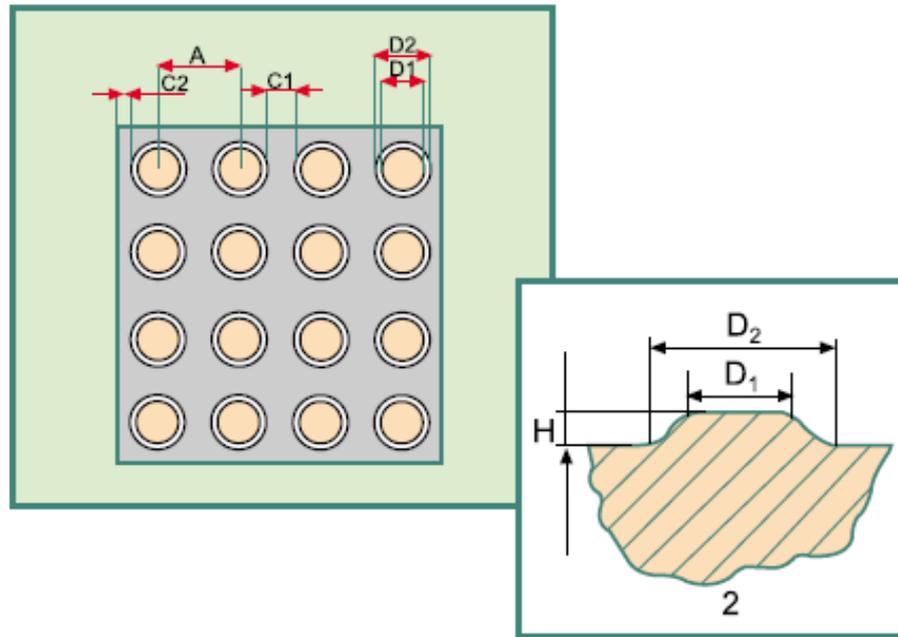


Ilustración 10: Baldosa táctil de botones

- A:** Separación entre centros de botones = 50 mm.
- C1:** Distancia entre los bordes exteriores de 2 botones alineados por sus centros = 25 mm
- C2:** Separación del borde del botón al borde de la baldosa) = 12,5 mm.
- D1:** Diámetro interior del botón = 20 mm.
- D2:** Diámetro exterior del botón = 25 mm.
- H:** Altura del botón= 5mm

Se establecen las siguientes tolerancias para el formato de botones:

Tabla 8: Tolerancias dimensionales en baldosas táctiles de botones

Dimensión	Tolerancia (mm)
A	±2
C1	±1
C2	±1
D1	±1
D2	±1
H	±1

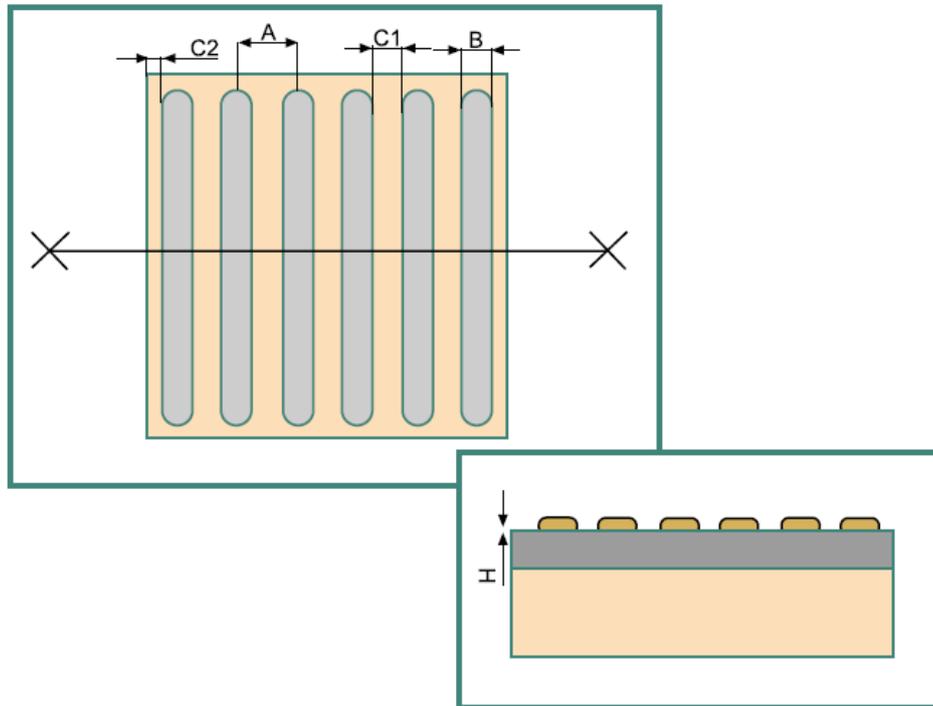


Ilustración 11: Pavimento táctil de bandas longitudinales

- A:** Separación entre ejes de dos bandas longitudinales consecutivas = 50 mm.
- B:** Anchura máxima banda longitudinal= 25 mm.
- C1:** Distancia entre dos bordes de bandas longitudinales = 25 mm.
- C2:** Separación del borde de la banda longitudinal al borde de la baldosa = 12,5 mm.
- H:** Altura de la banda longitudinal= 5 mm.

Se establecen las siguientes tolerancias para el formato de bandas longitudinales:

Tabla 9: Tolerancias dimensionales en pavimento táctil de bandas longitudinales

Dimensión	Tolerancia (mm)
A	±2
B	±1
C1	±1
C2	±1
H	±1

3.4. ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS

3.4.1. MEDIDA DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN Y CARGA DE ROTURA

La resistencia mecánica de las baldosas se determina sometiéndolas a rotura por flexión, apoyándola sobre rodillos y aplicando la carga sobre la cara vista de la baldosa.

La baldosa durante el ensayo no deberá estar sometida a torsión, por lo que, al menos, uno de los soportes inferiores y la barra de carga deberán ser pivotantes.

Se deberá medir la carga de rotura de las baldosas (KN) y calcular su módulo resistente a flexión (MPa).

La siguiente figura muestra el esquema de este ensayo.

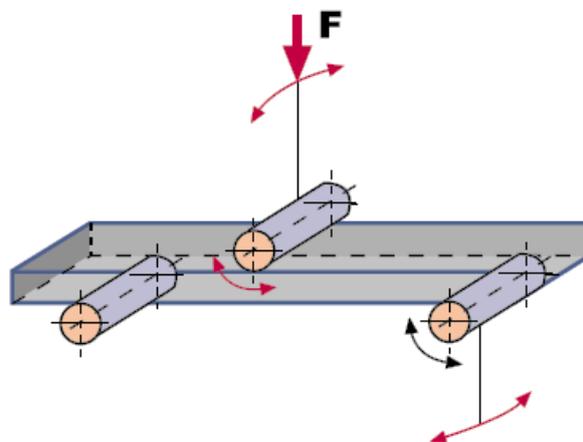
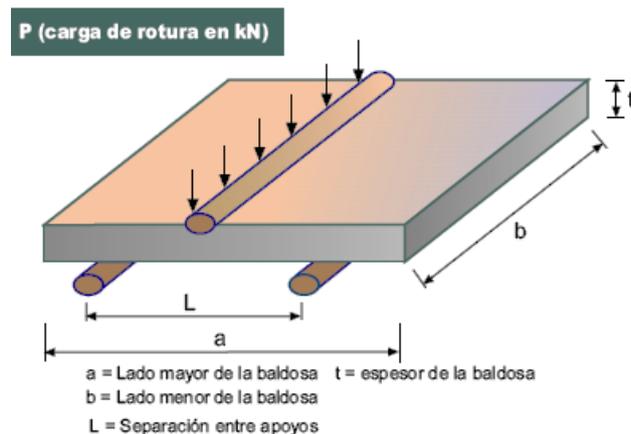


Ilustración 12: Esquema de ensayo de flexo-compresión



Imagen 6: Ejemplo real de un ensayo de flexocompresión

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- La probeta de ensayo será la baldosa entera cuando en planta tenga al menos dos bordes rectos y paralelos. En otros casos, de cada baldosa se extraerá mediante corte una probeta cuadrada o rectangular, con la mayor superficie posible, manteniendo todo su espesor.
- La distancia entre los soportes será de $2/3$ de la longitud de la baldosa, pero en el caso de que la separación entre los apoyos inferiores (L) sea inferior a tres veces el espesor de la baldosa, se reducirá la distancia entre los soportes y el borde de la baldosa a la mitad del espesor de ésta.
- Si la cara vista de la baldosa y su dorso no son lisas (rugosas, acanaladas, lavadas,...) y paralelas, se refrentarán mecánicamente, eliminando la menor cantidad posible de material, hasta conseguir que estas caras sean planas y paralelas. También se puede recubrir las caras mediante mortero de dosificación 1:1, preparado con arena silicea de granulometría 0/3, si bien es preferible el refrentado mecánico. El recubrimiento solo es aceptable en caso de mínimas diferencias superficiales (texturizados, etc.) Es muy importante la mínima eliminación del material, para no alterar el resultado del ensayo respecto a la resistencia real de la baldosa.
- En el cálculo del módulo resistente, el espesor a considerar es el de la superficie de rotura. La fórmula para calcular el módulo resistente es:

$$T = \frac{3xPxL}{2xbxt^2}$$

T: módulo de flexión de la baldosa, en MPa (N/mm²)
P: carga de rotura de la baldosa, en N
L: distancia entre apoyos inferiores, en mm
b: anchura de la losa en el plano de rotura, en mm
t: espesor de la baldosa en el plano de rotura, en mm

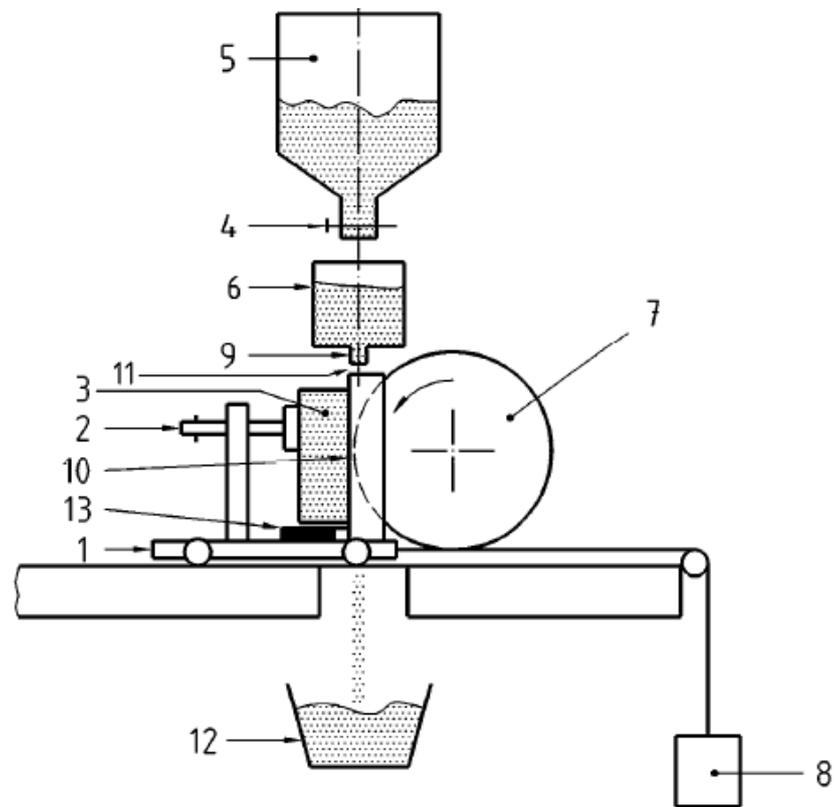
- Las baldosas a ensayar se mantendrán previamente inmersas en agua a (20±5) °C durante (24±3) horas.
- Los soportes y la barra inductora tendrán una longitud superior al de la pieza a ensayar.
- Las baldosas se colocarán simétricas sobre los soportes, de manera que su lado más corto esté paralelo a estos.
- Se emplearán piezas de compresión entre los cilindros de carga y de apoyo, y la superficie de la baldosa.
- Los fabricantes podrán emplear otros métodos para ensayos de control interno (en seco, sin refrentar la cara vista, etc.) siempre que se tenga establecida la correlación de resultados entre el ensayo normalizado y el empleado.
- La carga se aplicará sin golpes, y se incrementará uniformemente hasta rotura, a una velocidad tal que esta rotura se produzca en (45±15) seg. Si no fuese así, la probeta se sustituirá por otra, no teniendo en cuenta el resultado obtenido.
- Como resultado del ensayo se darán las cargas de rotura individuales (P_i), su media (P), en kN, los módulos resistentes de cada baldosa (T_i) y su media (T), en MPa.

3.4.2. RESISTENCIA AL DESGASTE Y LA ABRASIÓN

Ensayo del disco ancho

La resistencia a la abrasión se determina midiendo el desgaste producido en la cara vista de la probeta, sometida a rozamiento mediante un disco de acero de 70 mm de anchura, y material abrasivo. El material abrasivo debe ser corindón blanco de grano 80 según Norma ISO 8486-1.

La máquina de ensayo se compone los elementos que aparecen en el esquema siguiente



Leyenda

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 Carro portaprobetas | 8 Contrapeso |
| 2 Tornillo de fijación | 9 Ranura |
| 3 Probeta | 10 Huella |
| 4 Válvula de control | 11 Flujo de material abrasivo |
| 5 Tolva de almacenamiento | 12 Recipiente de recogida del abrasivo |
| 6 Guía de flujo | 13 Calzo |
| 7 Disco ancho de abrasión | |

Ilustración 13: Esquema de la máquina de ensayo de disco ancho

El disco es de acero tipo E 360, con dureza comprendida entre 203 y 245 HB, con un diámetro de (200 ± 1) mm y anchura de (70 ± 1) mm.

La velocidad de giro debe ser de 75 revoluciones en (60 ± 3) seg. El caudal del material abrasivo será de 2,5 l/min.

La muestra estará compuesta por tres baldosas completas, o piezas cortadas de las mismas, de dimensiones mínimas 100 mm x 70 mm.

La superficie de la probeta deberá ser lisa. Si la cara vista de la baldosa es rugosa se refrentará mecánicamente hasta conseguir una superficie lisa, dentro de tolerancias. La dureza de la cara vista depende de la naturaleza de los diferentes áridos y cemento utilizados en la fabricación de la capa vista.

Antes de someter la probeta a abrasión, se deberá limpiar su cara vista planificada, y cubrir su superficie con pintura o tiza de color para facilitar la lectura de la huella. La huella se producirá a más de 15 mm de cualquier borde de la probeta.

El equipo deberá calibrarse al menos cada dos meses, o cuando se hayan realizado 400 huellas, lo que ocurra antes. Se calibrará empleando una probeta de referencia de "Mármol Boulonnaise", ajustando el contrapeso de forma que se consiga una huella de $(20,0 \pm 0,5)$ mm.

Podrá utilizarse un material alternativo como probeta de referencia, siempre que se establezca una buena correlación con el "Mármol Boulonnaise".

El resultado del ensayo es la medida de la anchura de la huella, en su centro, corregida por el factor de calibración y redondeado a los 0,5 mm más cercanos.

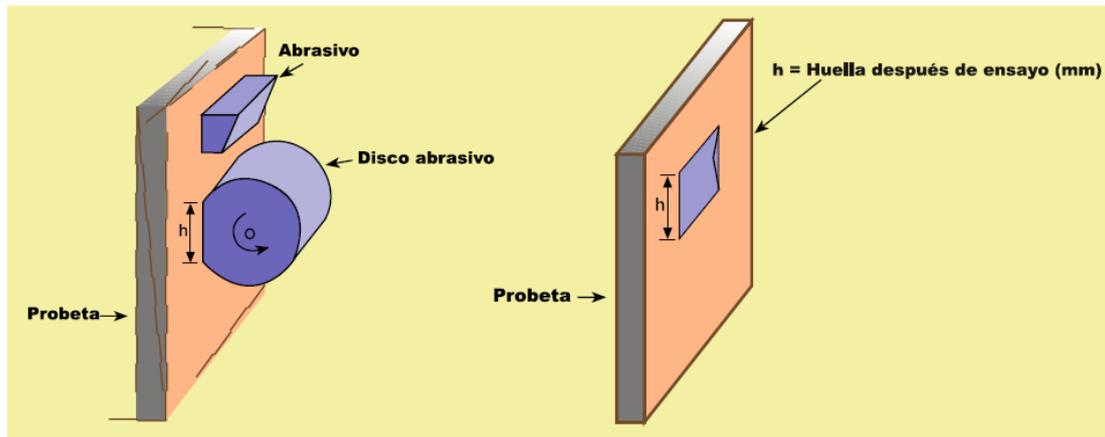


Ilustración 14: Esquema del funcionamiento del ensayo de desgaste por el método del disco ancho



Imagen 7: Máquina de disco ancho

Ensayo Bohme

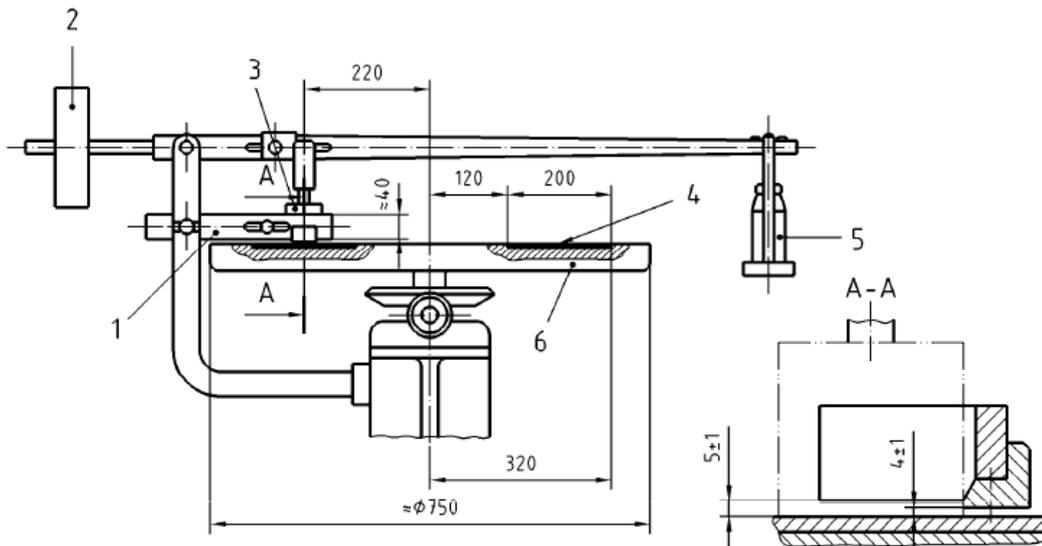
El principio de ensayo es el mismo la diferencia es el sistema empleado, ya que este ensayo tiene el nombre del equipo de ensayo utilizado para realizarlo deberemos tener en cuenta:

Las planchas cuadradas o cubos se colocan en el equipo de ensayo Böhme, en la pista en la cual se esparce el abrasivo normalizado, girando el disco y aplicando a la probeta una carga de abrasión de 294 N para un total de 16 ciclos a 22 revoluciones cada uno. El desgaste por abrasión se determina como la pérdida de volumen de la probeta.

Como material abrasivo normalizado se debe emplear corindón artificial diseñado para producir un desgaste por abrasión de 1,10 mm a 1,30 mm cuando se ensayen probetas de granito normalizadas, y de 4,20 mm a 5,10 mm cuando se ensayen probetas de piedra caliza normalizadas. Se debe comprobar la conformidad con estos requisitos, la homogeneidad del material y la uniformidad de la densidad aparente, así como la granulometría del abrasivo.

Para determinar la reducción en el espesor se debe emplear un comparador, cuyo palpador debe tener un punto de apoyo esférico y una cara de contacto anular de 8 mm de diámetro exterior y 5 mm de diámetro interior; también se debe emplear una mesa de medida.

El disco abrasivo Böhme se muestra en la imagen y está constituido, esencialmente, por un disco giratorio con una pista de ensayo definida para recibir el abrasivo, un portaprobetas y un mecanismo de carga.



Leyenda

- 1 Portaprobetas
- 2 Contrapeso
- 3 Probeta
- 4 Pista de ensayo
- 5 Carga
- 6 Disco de rotación

Ilustración 15: Esquema de la máquina de Böhme



Imagen 8: Máquina de Böhme

El disco giratorio debe tener un diámetro aproximado de 750 mm, ser plano y debe situarse en un plano horizontal. Cuando se cargue, su velocidad debe ser de (30 ± 1)



revoluciones por minuto. El disco debe estar provisto de un contador de revoluciones y un mecanismo de parada automática cuando se superen las 22 revoluciones.

La pista de ensayo debe ser anular, con un radio interior de 120 mm y un radio exterior de 320 mm (es decir, 200 mm de ancho) y debe ser reemplazable.

La pista debe estar fabricada de hierro colado con una estructura perlítica, un porcentaje de fósforo que no exceda de 0,35% y un contenido de carbón superior al 3%. La pista debe tener una dureza Brinell comprendida entre 190 HB y 220 HB 2,5/187,5 (tal como se define en la Norma EN ISO 6506-1), determinada como la media de las medidas tomadas en no menos de diez puntos a lo largo del borde de la pista.

La superficie de la pista se desgasta durante el servicio; la reducción resultante en su espesor no debe exceder de 0,3 mm y ninguna huella debe ser más profunda de 0,2 mm. Si se exceden de estos valores, la pista debe ser reemplazada o rectificada. Cuando la pista ha sido rectificada tres veces, se debe determinar su dureza nuevamente.

El portaprobetas debe consistir en un marco en U de aproximadamente 40 mm de altura, con una separación de (5 ± 1) mm desde la pista de ensayo. El marco debe ser colocado de manera que la distancia entre el eje de la probeta y el del disco sea de 220 mm, y la cantonera del portaprobetas, la cual soporta la probeta, esté situada a una distancia de (4 ± 1) mm por encima del disco. El montaje del soporte del portaprobetas debe asegurar que, durante el ensayo, no se produzcan vibraciones.

El dispositivo de carga debe consistir en un balancín con dos brazos de diferentes longitudes, una pesa de carga y un contrapeso. El balancín pivotará con la mínima fricción posible y se colocará casi horizontalmente durante el ensayo. El sistema debe diseñarse para asegurar que la carga se transfiere verticalmente a través del pistón hacia el centro de la probeta. El peso propio de la palanca se equilibra con el contrapeso y la escala que marca el peso de la carga. La fuerza que actúa sobre la probeta se obtiene del peso de carga multiplicado por el ratio de transmisión de la palanca, la masa del peso ha de ser seleccionada de forma que se produzca una fuerza de ensayo de (294 ± 3) N (correspondiente a 5,88 N/cm² o 0,06 N/mm² aproximadamente), la cual debe ser verificada mediante cálculo.

Se usan como probetas planchas cuadradas o cubos cuya longitud del borde sea de $(71 \pm 1,5)$ mm.

La cara de contacto y la cara opuesta de la probeta deben ser paralelas y planas. Para determinar la pérdida de espesor, la cara opuesta debe ser rebajada mecánicamente hasta que sea paralela a la base.

Generalmente las probetas se deben secar a masa constante a temperatura de (105 ± 5) °C , requiriéndose normalmente que se rebaje previamente de forma mecánica la cara de contacto sometiénola a cuatro ciclos.

Cada probeta debe tomarse de no menos de tres muestras diferentes o piezas del mismo tipo.

Con anterioridad al ensayo, se determina la densidad de la probeta, por medición al 0,1 mm más cercano y por peso al 0,1 g más cercano.

En el caso de elementos bicapa, se determina la densidad de las muestras tomadas por separado de su cara de trabajo; estas probetas también deben desbastarse antes de los ensayos, cuando sea necesario.

Como resultado calcularemos la pérdida media de volumen de la probeta tras 16 ciclos mediante la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_R}$$

ΔV : pérdida de volumen después de 16 ciclos, en mm³.

Δm : pérdida de masa después de 16 ciclos, en g.

ρ_R : densidad de la probetao, en el caso de probetas multi-capa, la densidad de la capa desgastada, en g/mm³.

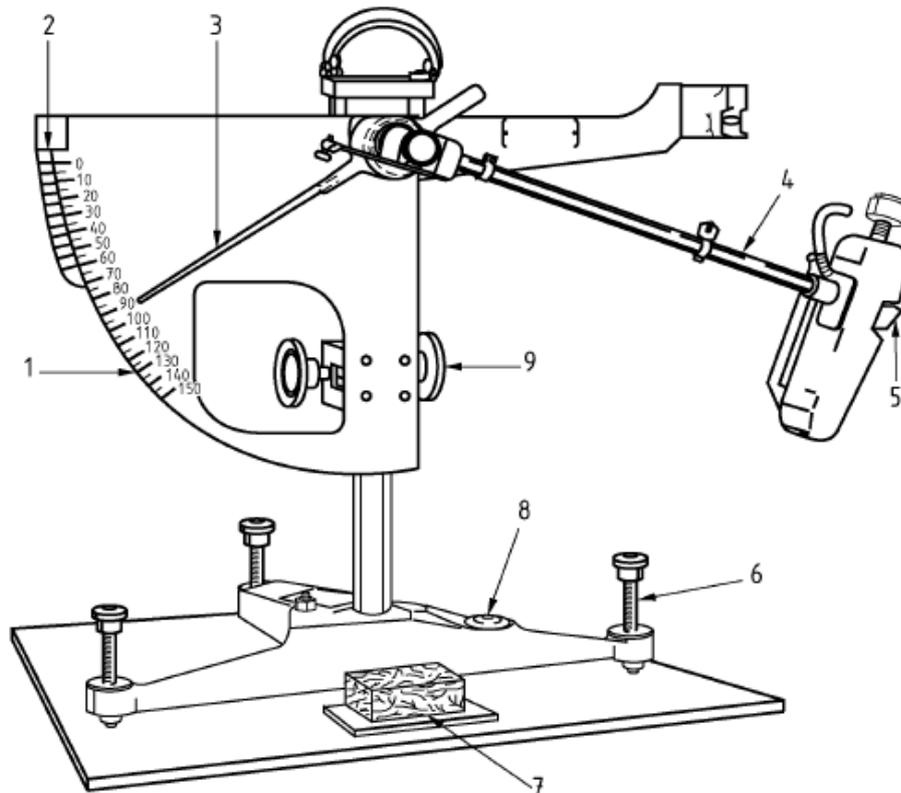
3.4.3. RESISTENCIA AL RESBALAMIENTO

La medida del valor USRV de una probeta se obtiene mediante el ensayo con el péndulo de fricción, evaluando las características de rozamiento de la cara vista de la probeta. Este ensayo aún hoy en día es experimental aunque el CTE nos obliga a cumplir unos valores mínimos no lo hace ninguna de las normas UNE, sin embargo si es más fiable que otros métodos de ensayo como el de plataforma inclinada o el de pies descalzos, los cuales a pesar de dar unos valores mucho más reales no son ni con mucho tan fiables como el sistema del péndulo.

En el caso de un terrazo interior, es importante considerar que, como material para acabar en obra, los procesos de acabado pueden influir, según su configuración y calidad de ejecución, en el refuerzo o menoscabo de esta característica intrínseca del material. Observar las técnicas y productos idóneos para cada material, uso y aspecto final deseado, garantizará una óptima condición antideslizante, independientemente de que hayamos logrado un acabado mate o brillante de la superficie.

El péndulo de fricción dispone de un patín deslizante, sometido a tensión mediante un muelle, dotado de una lámina de goma normalizada, fijado al final del péndulo. Durante la oscilación del péndulo, se mide la fuerza del rozamiento entre el patín y la

superficie de la probeta a ser ensayada mediante la reducción de la longitud de oscilación, empleando una escala calibrada.



Leyenda

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1 Escala C (126 mm de longitud de deslizamiento) | 6 Tornillo de nivelación |
| 2 Escala F (76 mm de longitud de deslizamiento) | 7 Soporte de la probeta |
| 3 Aguja marcadora | 8 Indicador de nivel de burbuja |
| 4 Brazo del péndulo | 9 Tornillo de ajuste vertical |
| 5 Patín deslizante de goma | |

Ilustración 16: Esquema de instrumental para ensayo de resistencia al deslizamiento

Se ajusta la altura del brazo del péndulo, de forma que cuando pase sobre la probeta toda la anchura de la lámina de goma esté en contacto con la superficie de la probeta a lo largo de toda la longitud limpia especificada. Se moja la superficie de la probeta y de la goma con una gran cantidad de agua limpia, teniendo cuidado de no desplazar el patín de su posición previamente fijada. Se deja caer el péndulo y la aguja marcadora desde la posición horizontal, sujetando el brazo del péndulo en su giro de retorno. Se registra la posición de la aguja marcadora en la escala (valor del ensayo del péndulo). Se realiza esta operación un total de cinco veces, volviendo a mojar la probeta cada vez, y se registra la media de las tres últimas lecturas. Se recoloca la probeta después de haberla girado 180° en su plano y se repite el procedimiento.



Imagen 9: Péndulo empleado en los ensayos de resbaladidad

Los requisitos para poder hacer este ensayo son:

- La masa del brazo del péndulo, incluyendo el patín deslizante, debe ser de $(1,50 \pm 0,03)$ kg. Su centro de gravedad debe estar en el eje del brazo a una distancia de (410 ± 5) mm desde el eje de suspensión.
- El patín deslizante ancho consiste en una lámina de goma de $(76,2 \pm 0,5)$ mm de ancho, $(25,4 \pm 1,0)$ mm de largo (en la dirección de la oscilación) y $(6,4 \pm 0,5)$ mm de espesor. La masa conjunta de la lámina de goma y el soporte debe ser de (32 ± 5) g.
- La lámina de goma deslizante debe estar situada en una base rígida dotada de un eje central pivotante, el cual debe estar montado en el extremo del brazo del péndulo de tal forma que, cuando el brazo esté en la posición más baja de su movimiento oscilatorio con el borde de salida de la lámina de goma en contacto con la superficie a ensayar, el plano de la lámina esté girado $(26 \pm 3)^\circ$ respecto al plano horizontal. En esta configuración, el patín puede girar sin obstrucción sobre su eje para seguir las irregularidades de la superficie de la probeta mientras el péndulo oscila.

- La lámina de goma deslizante debe ser forzada contra la superficie de ensayo mediante un muelle. Cuando sea calibrado, la fuerza estática aplicada sobre la lámina, tal y como establece el procedimiento de calibración del equipo, debe ser de $(22,2 \pm 0,5)$ N en su posición media. La variación de la fuerza estática sobre el patín no debe ser superior a 0,2 N por mm de flecha de la lámina de goma.
- La resiliencia inicial y la dureza de la lámina de goma deslizante deben disponer de un certificado de conformidad que incluya el nombre del fabricante y fecha de fabricación. La lámina debe ser desechada cuando el valor IRHD medido de acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 7619 no se ajuste a los requisitos establecidos o cuando tenga más de tres años de edad desde su fecha de fabricación.
- Los bordes de la lámina de goma deben ser cuadrados y perfectamente perfilados, y la goma debe estar libre de contaminación, por ejemplo, por abrasivos o aceite. El patín deslizante debe estar almacenado en un lugar oscuro y a una temperatura comprendida entre 5 °C y 20 °C.
- Se mantiene, el péndulo de fricción y el patín deslizante en una habitación a la temperatura de (20 ± 2) °C durante, al menos, 30 min antes de realizar el ensayo.
- Inmediatamente antes de realizar el ensayo se sumerge la probeta en agua a (20 ± 2) °C durante, al menos, 30 min.
- Cuando se utiliza un deslizador ancho sobre una longitud limpia de 126 mm, calcular el valor del péndulo de cada probeta como la media de los dos valores medios registrados medidos en direcciones opuestas con aproximación a la unidad más cercana en la escala C.
- El USRV es el valor de péndulo promedio obtenido sobre las cinco probetas.
- Cuando se utiliza un deslizador estrecho sobre una longitud limpia de 76 mm, calcular el valor del péndulo como promedio de los dos valores medios registrados medidos en direcciones opuestas con aproximación a la unidad 0,001 sobre la escala F multiplicado por 100.
- El USRV es el valor de péndulo promedio obtenido sobre las cinco probetas multiplicado por 1,2.

3.4.4. RESISTENCIA AL HIELO/ DESHIELO CON SALES DESCONGELANTES

La probeta se acondiciona previamente y se somete a 28 ciclos de congelación-descongelación mientras que la superficie se cubre con una solución al 3% de NaCl. Se recoge y pesa el material desprendido, y el resultado se expresa en kg/m^2 .



Las probetas deben prepararse de forma que tengan al menos 28 días y, excepto para ensayos de recepción, no más de 35 días de edad. Se elimina cualquier exfoliación y material suelto; entonces se introducen las probetas durante (168 ± 5) h en la cámara de climatización con una temperatura de (20 ± 2) °C, una humedad relativa de $(65 \pm 10)\%$ y un gradiente de evaporación en los primeros (240 ± 5) min de (200 ± 100) g/m². La evaporación debe ser medida en un recipiente con una profundidad aproximada de 40 mm y una sección transversal de $(22\ 500 \pm 2\ 500)$ mm². Se debe llenar el recipiente hasta alcanzar una altura libre de (10 ± 1) mm desde el borde.. Debe existir un espacio mínimo de 50 mm entre las probetas. Durante este tiempo la lámina de goma se pega a todas las superficies de la muestra excepto a la superficie de ensayo. Se usa silicona u otro sellante para rellenar cualquier bisel existente alrededor del perímetro de la probeta y para facilitar el sellado alrededor de la superficie de ensayo en la esquina entre el hormigón y la lámina de goma y así prevenir la penetración del agua entre la probeta y la goma. El borde de la lámina de goma debe sobresalir (20 ± 2) mm por encima de la superficie de ensayo.

Para realizar el ensayo se colocan las probetas en la cámara de congelación de tal forma que la superficie de ensayo no se desvíe del plano horizontal más de 3 mm/m en cualquier dirección, sometiéndolas a repetidas congelaciones y descongelaciones. Durante el ensayo, el ciclo de tiempo-temperatura del medio congelante debe estar dentro del área sombreada de la gráfica en el centro de la superficie de todas las probetas. Además, la temperatura debe superar los 0 °C en cada ciclo durante, al menos, un periodo comprendido entre 7h y 9h. Se registra continuamente la temperatura del medio congelante en el centro de la superficie de ensayo, al menos para una probeta, que debe estar colocada en una posición representativa en la cámara de congelación. Se registra la temperatura del aire del congelador durante el ensayo. Se pone en funcionamiento el temporizador del primer ciclo del ensayo de una probeta dentro de los (0 ± 30) min desde su colocación en el congelador. Si un ciclo tiene que ser interrumpido, se mantiene la probeta en estado de congelación entre -16 °C y -20 °C. Si esta interrupción dura más de tres días, el ensayo debe ser abandonado.

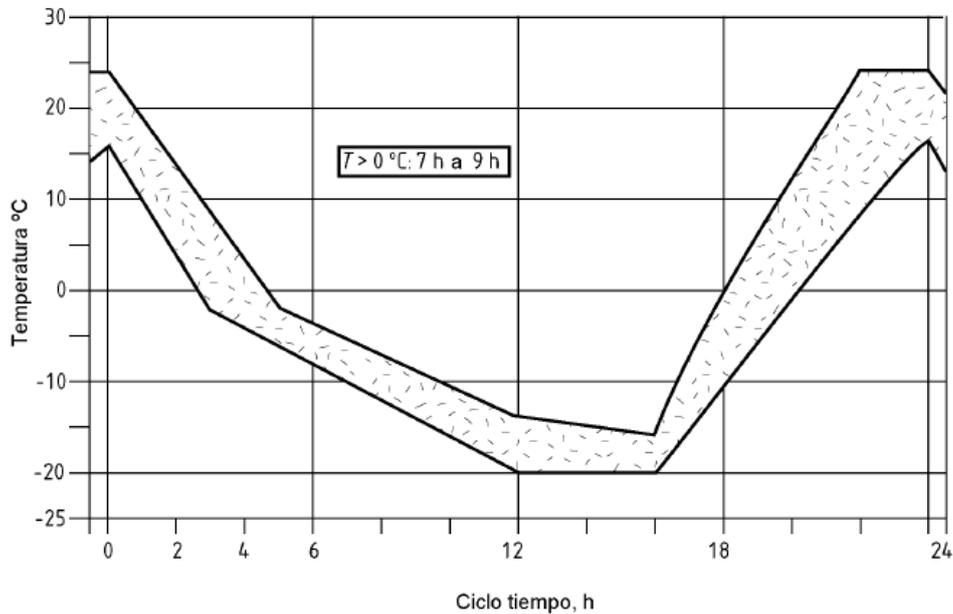


Ilustración 17: Gráfico de ciclos de hielo-deshielo

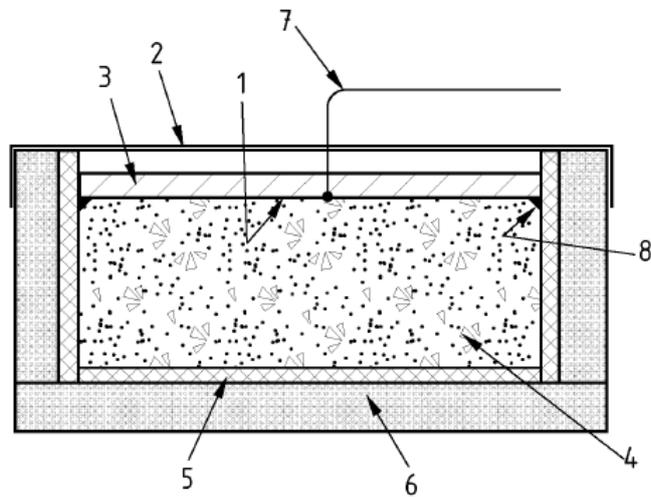
El área de ensayo debe ser obtenida como la media de tres medidas de su longitud y anchura, al milímetro más cercano. Después del curado en la cámara de climatización, se vierte sobre la superficie de ensayo agua potable con una temperatura de (20 ± 2) °C hasta alcanzar una profundidad de (5 ± 2) mm. Se debe mantener durante (72 ± 2) h a (20 ± 2) °C y puede ser utilizado para evaluar la efectividad del sellado entre la probeta y la lámina de goma.

Antes de realizar los ciclos de hielo-deshielo, deben ser aisladas térmicamente todas las superficies de la probeta, excepto la de ensayo. Esto se puede llevar a cabo durante el curado. El aislamiento se debe realizar con poliestireno de (20 ± 1) mm de espesor, con una conductividad térmica comprendida entre 0,035 W/(mK) y 0,04 W/(mK), u otro aislamiento térmico equivalente.

De 15 a 30 min antes de que las probetas sean colocadas en la cámara de congelación, debe sustituirse el agua que hay sobre la superficie de ensayo por una capa de (5 ± 2) mm, medida desde la parte superior de la superficie de la probeta, de una solución al 3% de NaCl en agua potable. Se debe evitar la evaporación de la solución mediante el uso de una lámina horizontal de polietileno, tal como se muestra en la imagen. La lámina de polietileno se debe mantener tan plana como sea posible durante el ensayo y no debe estar en contacto con el medio congelante.



Imagen 10: Ejemplo de muestra para ensayo con sales descongelantes



Leyenda

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 Superficie de ensayo | 5 Lámina de goma |
| 2 Lámina de polietileno | 6 Aislamiento térmico |
| 3 Medio congelante (agua salada) | 7 Dispositivo de medida de la temperatura |
| 4 Probeta | 8 Cordón de sellado |

Ilustración 18: Esquema de una muestra para ensayo de hielo-deshielo

Después de 28 ciclos se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento por cada probeta:



- Se recoge el material que se ha desprendido de la superficie de ensayo, usando la botella pulverizante y cepillando dentro del recipiente, hasta que no queden más restos que quitar.
- Se vierte cuidadosamente el líquido y el material desprendido recogido en el recipiente a través de un filtro de papel. Se limpia el material recogido en el filtro con un mínimo de un litro de agua potable para eliminar cualquier resto de NaCl. Se seca el filtro de papel y el material recogido a (105 ± 5) °C durante, al menos, 24 h. Se determina con una precisión de $\pm 0,2$ g la masa seca del material desprendido, estableciendo la correspondiente tolerancia debida al filtro de papel.

Se calcula la pérdida de masa por unidad de área de la probeta (L) en kilogramos por metro cuadrado a partir de la ecuación:

$$L = \frac{M}{A}$$

M: masa de la cantidad total de material desprendido tras 28 ciclos, en kg.

A: área de la superficie de ensayo, en m²

3.4.5. ABSORCIÓN DE AGUA

Este ensayo tiene dos procedimientos uno que se aplica a los pavimentos de terrazo y otro de aplicación a las baldosas de hormigón.

Dicho sea de paso hay que indicar que esta propiedad está muy ligada a la resistencia al hielo deshuelo, ya que cuanto menor sea la absorción de agua, menores serán los efectos que pueda producir la climatología sobre las baldosas.

Pavimentos de terrazo

Para determinar la densidad aparente, las muestras se pesan y miden después de secarlas. La determinación de la densidad aparente de muestras con espesor asimétrico se lleva a cabo mediante el método de desplazamiento de agua.

Se sellan las caras laterales de las muestras (de forma que sean impermeables al agua) y se pesan de nuevo ($m_{d,s}$). A continuación se sumerge la probeta en agua a (20 ± 2) °C, con su cara vista hacia el fondo, de forma que la cara vista quede sumergida de 2 mm a 10 mm. Para evitar la acumulación de aire bajo la muestra, ésta se introduce en el agua con una inclinación (comenzando por un borde). Para fijar la profundidad de inmersión se puede emplear bien unos soportes o bien una rejilla ajustable en altura colocada en el recipiente.

La muestra se saca del agua después de $(24 \pm 0,5)$ h, sin que su dorso se humedezca, y se elimina toda el agua que haya quedado adherida a la cara vista mediante una esponja húmeda.

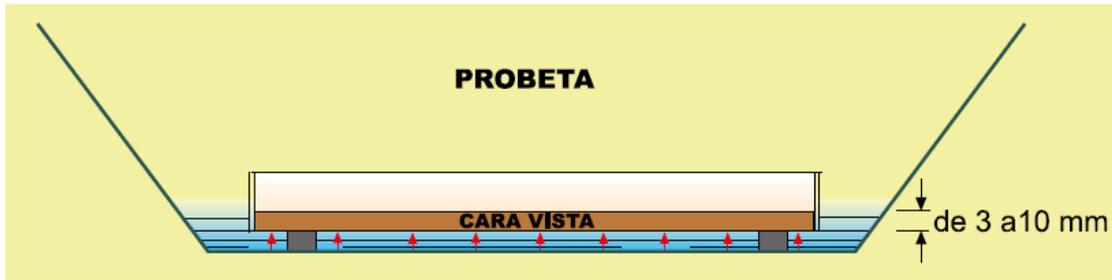


Ilustración 19: Ejemplo de ensayo de capilaridad

Después de pesarla ($m_{h,24h}$), la muestra se introduce totalmente de 25 mm a 50 mm bajo el agua hasta que se alcance masa constante (variación de masa 0,1% en 24 h), siendo 3 días el tiempo mínimo de inmersión. La muestra se pesa ($m_{h,c}$) después de que se hayan eliminado las gotas de agua adheridas mediante una esponja húmeda

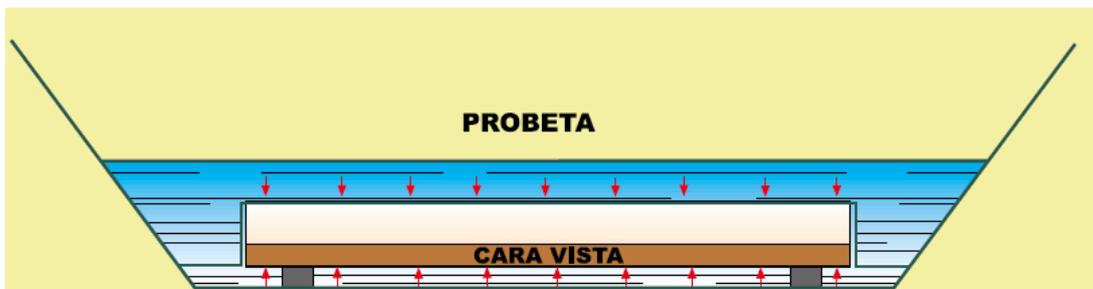


Ilustración 20: Ejemplo de ensayo de absorción total de agua

La absorción de agua por capilaridad se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$W_{24h} = \frac{m_{h,24h} - m_{d,s}}{S}$$

- W_{24h}** : absorción de agua por unidad de superficie por capilaridad a presión atmosférica después de 24 h [g/cm²];
- m_{h,24h}** : masa de la muestra después de 24 h de succión de agua por capilaridad a través de la superficie de ensayo S [g]
- m_{d,s}** : masa seca de la muestra con los bordes sellados [g];
- S** : superficie (cara de succión) de la muestra [cm²].

La absorción total de agua se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$W_{m,a} = \frac{m_{h,c} - m_{d,s}}{m_{d,s}}$$

- W_{m,a}** : capacidad de absorción de agua referida a la masa [% en masa];
- m_{h,c}** : masa constante de la muestra saturada de agua a presión atmosférica [g];

$m_{d,s}$: masa seca de la muestra [g].

Baldosas de hormigón

Se sumergen las probetas en agua potable a una temperatura de (20 ± 5) °C utilizando el recipiente hasta que se alcance la masa constante M_1 . Se separan las probetas unas de las otras al menos 15 mm y se asegura que existe un mínimo de 20 mm de agua sobre ellas. El periodo mínimo de inmersión debe ser de 3 días y la masa constante se dará por alcanzada cuando dos pesadas realizadas en un intervalo de 24 h muestren una diferencia en la masa de la probeta inferior al 0,1%. Antes de cada pesada, se limpia la probeta con el trapo que previamente habrá sido humedecido y escurrido para eliminar cualquier exceso de agua. El secado es correcto cuando la superficie del hormigón esté mate.

Se coloca cada probeta en la estufa, de tal forma que la distancia entre cada probeta sea de, al menos, 15 mm. Se seca la probeta a una temperatura de (105 ± 5) °C hasta que alcance la masa constante M_2 . El periodo mínimo de secado debe ser de 3 días y la masa constante se considerará alcanzada cuando dos pesadas realizadas en un intervalo de 24 h muestren una diferencia en la masa de la probeta inferior al 0,1%. Se deja que las probetas se enfríen a temperatura ambiente antes de ser pesadas.

Se calcula la absorción de agua W_a de cada probeta como un porcentaje de su masa empleando la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2}$$

M_1 : masa inicial de la probeta, expresada en gramos.

M_2 : masa final de la probeta, expresada en gramos.

3.4.6. RESISTENCIA AL IMPACTO

Determina la resistencia al dejar caer sobre la cara vista de las baldosas una bola de acero de 1 kg de masa desde alturas comprendidas entre 400 y 1000 mm, según normativa aplicable.

Este ensayo permite apreciar la resistencia de este tipo de baldosas al impacto de cualquier elemento que pueda caer sobre ellas. Debemos tener en cuenta diversos aspectos.

- La muestra estará compuesta por tres baldosas enteras.
- La probeta estará constituida por la baldosa entera, habiéndola mantenido previamente un mínimo de 48 h en el ambiente del laboratorio.



- Las probetas que se van a ensayar deben limpiarse eliminando cualquier posible protuberancia.
- Situado el dispositivo de fijación sobre un apoyo rígido, se coloca entre sus dos guías la capa de fieltro y, sobre ella, la baldosa que se va a ensayar de forma que su cara vista quede en la parte superior.
- Se fija la baldosa mediante las pletinas y se deja caer sobre ella la bola de acero desde una altura inicial establecida en función del uso recomendado de la baldosa
 - Normal 400 mm
 - Intensivo 500 mm
 - Industrial 600 mm
- Las alturas de caída se determinarán midiendo la distancia comprendida entre el plano definido por la cara vista de la baldosa sometida a ensayo y el centro de la esfera de acero.
- Para baldosas cuyo espesor no sea uniforme (rebajes, acanaladuras, etc.), el fabricante determinará tanto el valor de H como el punto de impacto.
- Si con esta altura de caída no se ha producido la primera fisura de la baldosa, se dejará caer nuevamente sobre ella la esfera de acero aumentando gradualmente la altura de caída en (100 ± 5) mm cada vez, hasta conseguir la rotura de la baldosa o, si ésta no se produce, hasta alcanzar una altura máxima de 1000 mm.
- Cada impacto debe producirse a una distancia superior a 50 mm del impacto anterior y a más de 50 mm del borde de la baldosa.
- En caso de que la cara vista de la baldosa tenga acanaladuras o dibujos, el impacto debe producirse a una distancia superior a 20 mm del borde de estas acanaladuras o rebajes.

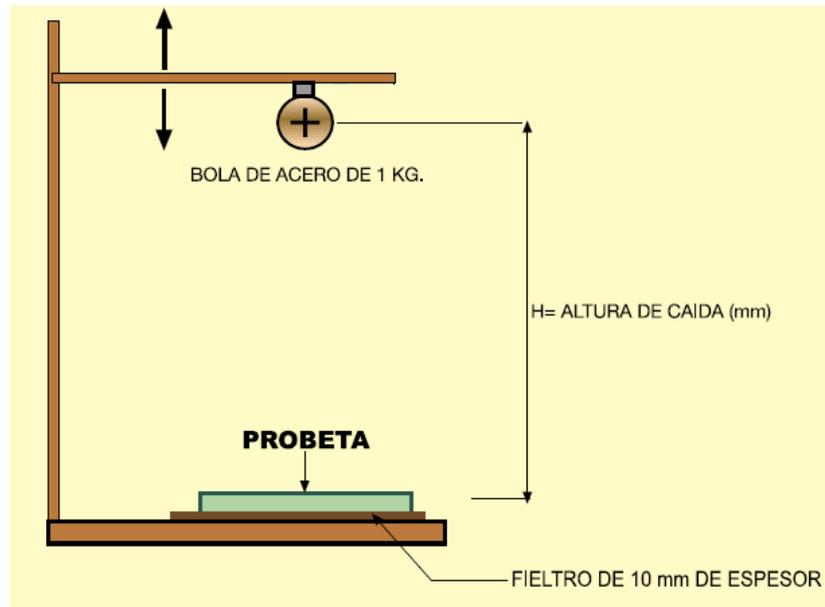


Ilustración 21: Ejemplo de ensayo de resistencia al impacto



Imagen 11: Máquina de ensayo de resistencia al impacto

Como resultado de todos estos ensayos podemos conocer las características mecánicas de nuestro pavimento que veremos en las siguientes tablas, en ellas diferenciaremos los pavimentos de interior de los de exterior así como la clasificación de las normas según sus características mecánicas.

Tabla 10: Requisitos para terrazos de uso interior

		USO NORMAL	USO INTENSIVO	USO INDUSTRIAL
FLEXIÓN (MPa)	VALOR MEDIO	≥ 5		
	VALOR INDIVIDUAL	≥ 4		
CARGA DE ROTURA (kN)	SUPERFICIE ≤ 1100 cm ²	VALOR INDIVIDUAL ≥ 2,5	≥ 3,0	≥ 3,6
	SUPERFICIE > 1100 cm ²	VALOR INDIVIDUAL ≥ 3,0	≥ 3,9	≥ 4,7
DESGASTE POR ABRASIÓN	Disco ancho (mm)	≤ 25	≤ 23	≤ 21
	Böhme	30cm ³ /50cm ²		
ABSORCIÓN	Absorción total	VALOR INDIVIDUAL ≤ 8%		
	Absorción en cara vista	VALOR INDIVIDUAL ≤ 0,4 g/cm ²		
RESISTENCIA AL IMPACTO (altura de caída) (mm)	VALOR INDIVIDUAL	≥ 400	≥ 500	≥ 600

Tabla 11: Requisitos para terrazos de uso exterior y baldosas de hormigón

	TERRAZO EXTERIOR UNE-EN 13748-2				BALDOSA, LOSA Y LOSETA UNE-EN 1339			
	CLASE	MARCAS	VALOR MEDIO	VALOR INDIVIDUAL	CLASE	MARCA	VALOR CARACTERÍSTICO	VALOR INDIVIDUAL
CARGA DE ROTURA (KN)	30	3T	≥ 3,0	≥ 2,4	30	3	≥ 3,0	≥ 2,4
	45	4T	≥ 4,5	≥ 3,6	45	4	≥ 4,5	≥ 3,6
	70	7T	≥ 7,0	≥ 5,6	70	7	≥ 7,0	≥ 5,6
	110	11T	≥ 11,0	≥ 8,8	110	11	≥ 11,0	≥ 8,8
	140	14T	≥ 14,0	≥ 11	140	14	≥ 14,0	≥ 11
	250	25T	≥ 25,0*	≥ 20,0	250	25	≥ 25,0	≥ 20,0
	300	30T	≥ 30,0*	≥ 21,0	300	30	≥ 30,0	≥ 21,0
RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)	1	ST	≥ 3,5	≥ 2,8	1	S	≥ 3,5	≥ 2,8
	2	TT	≥ 4,0	≥ 3,2	2	T	≥ 4,0	≥ 3,2
	3	UT	≥ 5,0	≥ 4,0	3	U	≥ 5,0	≥ 4,0
DESGASTE POR ABRASIÓN (mm)	CLASE	MARCA	VALOR INDIVIDUAL		CLASE	MARCA	VALOR INDIVIDUAL	
	1	F	-		1	F	-	
	2	G	≤ 26		2	G	≤ 26	
	3	H	≤ 23		3	H	≤ 23	
	4	I	≤ 20		4	I	≤ 20	
ABSORCIÓN TOTAL DE	CLASE	MARCA	% EN MASA VALOR MEDIO		CLASE	MARCA	% EN MASA VALOR MEDIO	

AGUA	1 2	A B	- ≤ 6	1 2	A B	- ≤ 6
RESISTENCIA AL IMPACTO (mm)	≥ 600			-		

Tabla 12: Requisitos para adoquines

ADOQUÍN UNE 1338						
CARGA DE ROTURA (kN)	VALOR MEDIO		≥ 3'6			
	VALOR INDIVIDUAL		≥ 2'9			
	SUPERFICIE ≤ 1100 cm²	VALOR INDIVIDUAL	≥ 2,5	≥ 3,0	≥ 3,6	
	SUPERFICIE > 1100 cm²	VALOR INDIVIDUAL	≥ 3,0	≥ 3,9	≥ 4,7	
DESGASTE POR ABRASIÓN	CLASE	MARCAD O	LONGITUD HUELLA (mm)			
	1	F	-			
	3	H	≤ 23			
	4	I	≤ 20			
ABSORCIÓN	CLASE	MARCAD O	ABSORCIÓN % EN MASA			
	1	A	-			
	2	B	≤ 6			
RESISTENCIA AL IMPACTO (altura de caída) (mm)	VALOR INDIVIDUAL		≥ 400	≥ 500	≥ 600	

La única propiedad física de los pavimentos que se ensaya y sin embargo no se hace ninguna referencia en cuanto a requisitos mínimos en las normas UNE es la resistencia al deslizamiento. En este caso no debemos olvidarnos del CTE, que determina unos valores muy claros en función del uso y la zona en la que vayamos a utilizarlo. Concretamente los clasifica en cuatro clases:

- **Clase 0** $R_d \leq 15$
- **Clase 1** $15 \leq R_d \leq 35$
- **Clase 2** $15 \leq R_d \leq 35$
- **Clase 3** $R_d > 45$

Por lo tanto se establecen unas localizaciones concretas y la clase mínima en función de dicha localización para los suelos de los edificios de uso sanitario, docente, comercial, administrativo, aparcamiento y de pública concurrencia.

Tabla 13: Resistencias al deslizamiento según CTE

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas:	
Superficies con pendientes menores del 6%	1
Superficies con pendientes iguales o mayores que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior, terrazas cubiertas, vestuarios, duchas, baños, aseos, cocinas, etc	
Superficies con pendientes menores del 6%	2
Superficies con pendientes iguales o mayores que el 6% y escaleras	3
Zonas interiores donde además de agua pueda haber agentes (grasas, lubricantes, ...) que reduzcan la resistencia al deslizamiento, tales como mataderos, aparcamientos, zonas de uso industrial, etc.	3
Zonas exteriores. Piscinas	3

Un terrazo pulido en fábrica con una muela de grano 220 alcanza una resistencia al deslizamiento de 70mm (clase 3) fácilmente sin embargo cuando esa misma baldosa debe volver a pulirse en obra por exigencias del proyecto, debemos tener en cuenta que dicho pulido va a aminorar considerablemente dicha resistencia, y que menor será contra más fino sea el abrillantado final del pavimento. Los fabricantes aseguran que abrillantado en obra alcanza una resistencia al deslizamiento de 25mm (clase 2) sin embargo estaremos obligados por las normas UNE a realizar un ensayo a pie de obra sobre el pavimento acabado, de forma que si no cumple tendremos un pavimento nuevo acabado que no nos servirá y sobre el que tendremos que realizar nuevos tratamientos para alcanzar la clase deseada. Para que esto no ocurra desde AIDICO recomiendan realizar una muestra previa sobre la que realizar la fase de pulido y abrillantado para determinar el nivel necesario para poder pasar el ensayo y aplicarlo a toda la obra sin riesgos o al menos con riesgos mínimos.

Sin embargo hay que decir que en los casos como los de las piscinas, donde la humedad es un condicionante que puede afectar seriamente a la resbaladidad, y donde el ensayo del péndulo pierde fiabilidad, es necesario complementarlo con otro ensayo como es el de plataforma inclinada, en la variedad de pies descalzos, en dicho ensayo lo que se hace es colocar el pavimento sobre una plataforma inclinable, sobre la cual camina una persona descalza encima del pavimento mojado, la plataforma se

inclina hasta que el pavimento es percibido como no seguro, se toma nota del ángulo alcanzado conocido como ángulo crítico. Así pues se puede clasificar el pavimento en función del ángulo adquirido y equiparlo con la clasificación según el sistema del péndulo:

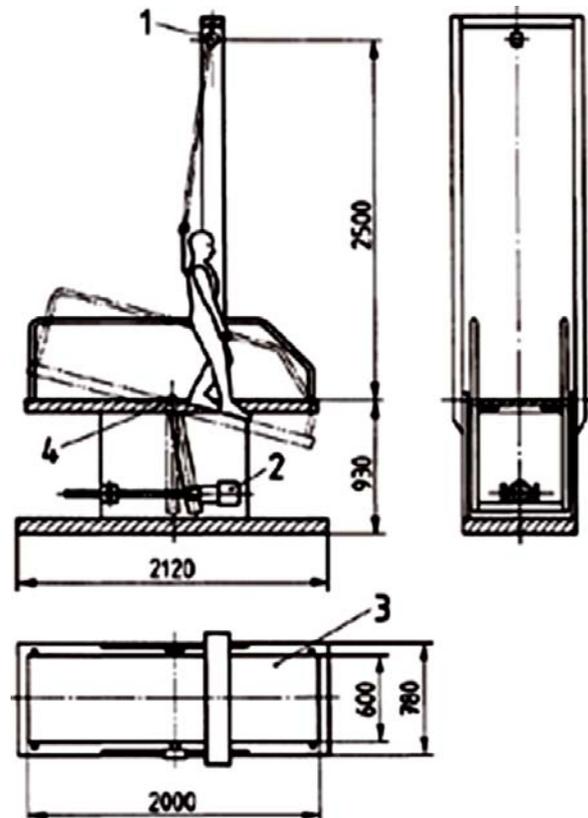


Ilustración 22: Esquema máquina de ensayo de plataforma inclinada

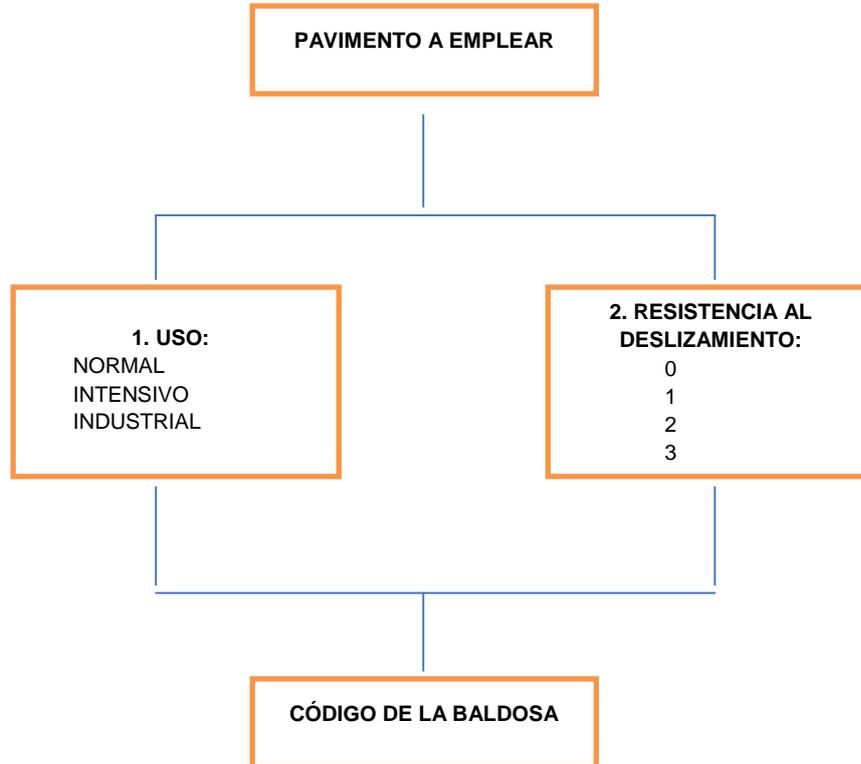
Tabla 14: Relación entre los resultados mediante plataforma inclinada y la clase según CTE

ÁNGULO	CLASE PIES DESCALZOS	CLASE CTE
$18 \leq \alpha < 24$	18	3
$12 \leq \alpha < 18$	12	2
$\alpha < 12$	0	1

La complejidad de este ensayo impide que se pueda realizar in situ, cosa que no ocurre con el sistema empleado en el ensayo del péndulo.

Conociendo todos los tipos y clases resistentes de los pavimentos de hormigón podemos pasar a designarlos por el sistema empleado por el IVE, ya que anteriormente no había ninguno. Este sistema diferencia claramente los pavimentos de interior y los pavimentos de exterior.

En pavimentos de interior seguiremos el siguiente esquema:

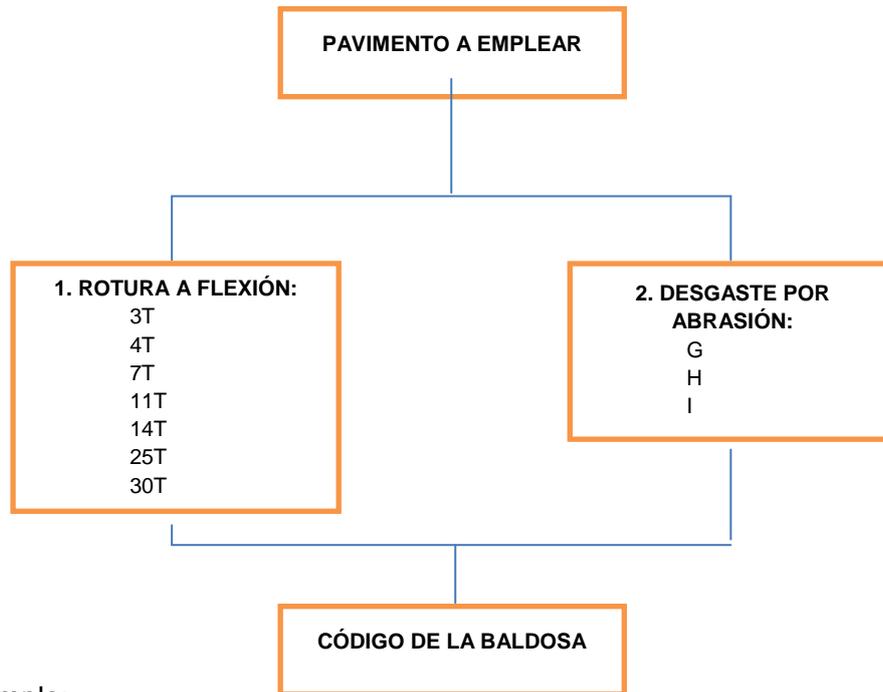


Por ejemplo:

Un terrazo previsto para un uso normal con una resistencia al deslizamiento de 18 color claro de dimensiones 40x40 será:

Terrazo normal-1 claro 40x40.

En el caso de las baldosas exteriores seguiremos un esquema similar:



Por ejemplo:

Una baldosa de terrazo exterior con una carga de rotura de 3kN y una resistencia a la abrasión alta será:

Terrazo 3T-H.

si en lugar de terrazo fuera una baldosa de hormigón sería:

Baldosa de hormigón 3-H

3.5. TIPOS DE CONTROL Y CRITERIOS DE CONFORMIDAD

Se establecen según las normas tres tipos de controles, cada uno con diferentes niveles de exigencia:

- **Nivel intenso:** Se ensaya un lote de fabricación
- **Nivel medio:** Se ensaya un lote de fabricación cada 3 días de fabricación.
- **Nivel reducido:** Se ensaya un lote de fabricación cada semana de fabricación

Por ello debido a la variedad de tipos de control de calidad es necesario establecer unas reglas de cambio que nos permitirán decidir cuándo es necesario realizar un cambio en el control.

- **Paso de nivel intenso a medio:** El nivel intenso debería mantenerse hasta que 3 lotes consecutivos sean aceptados

- **Paso de nivel medio a reducido:** El nivel intenso debería mantenerse hasta que 3 lotes consecutivos sean aceptados
- **Paso de nivel reducido a medio:** Debería ser utilizado cuando un lote no sea aceptado
- **Paso de nivel medio a intenso:** Debería ser utilizado cuando 2 lotes consecutivos no son aceptados o 3 lotes alternos de los últimos 10 lotes no son aceptados

Se considera que un lote es conforme siempre que no tenga ningún defecto principal y un máximo de dos defectos secundarios.

Tabla 15: Clasificación de defectos en las baldosas

ENSAYO	VALORACIÓN DE DEFECTOS	
	PRINCIPAL	SECUNDARIO
Aspecto, dimensiones y forma	Cualquier situación que supere el defecto secundario	–1 baldosa fuera de tolerancia en 2 o más dimensiones. – 2 o más baldosas fuera de tolerancia en 1 dimensión
Resistencia a flexión	La media de los valores de 4 baldosas es menor del límite especificado en las normas de referencia o, siendo mayor del límite especificado, 3 baldosas presentan valores inferiores a los valores individuales especificados	Si la media de los valores de 4 baldosas es igual o superior a los límites especificados en las normas de referencia y un máximo de 2 baldosas tienen un valor inferior al límite individual indicado en dichas normas
Carga de rotura	La media de los valores de 4 baldosas es menor del límite especificado en las normas de referencia o, siendo mayor del límite especificado, 3 baldosas presentan valores inferiores a los valores individuales especificados	Si la media de los valores de 4 baldosas es igual o superior a los límites especificados en las normas de referencia y un máximo de 2 baldosas tienen un valor inferior al límite individual indicado en dichas normas
Desgaste por abrasión	1 ó más baldosas presentan un valor superior al límite especificado en las normas de referencia o, siendo la media menor del límite especificado, 2 baldosas presentan valores superiores a los valores individuales especificados	1 baldosa presenta un valor superior al límite especificado para su clase en las normas de referencia



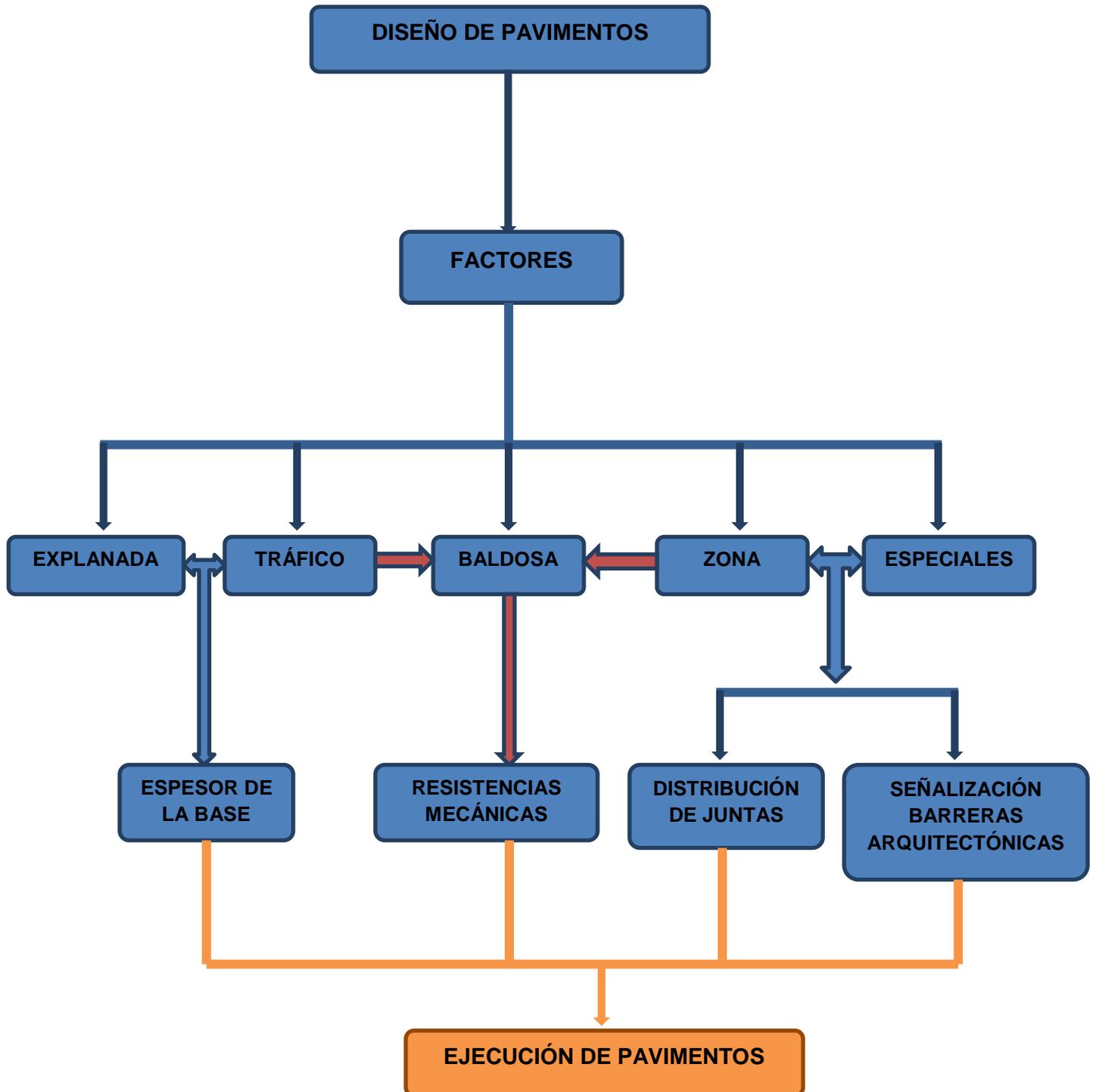
Absorción de agua total	El valor medio es superior al límite especificado en las normas de referencia	Si, cumpliendo el valor medio las especificaciones de las normas de referencia, un valor individual lo sobrepasa
Absorción de agua por la cara vista	El valor medio es superior al límite especificado en las normas de referencia	Si, cumpliendo el valor medio las especificaciones de las normas de referencia, un valor individual lo sobrepasa
Resistencia al impacto	2 ó más baldosas rompen	1 baldosa rompe

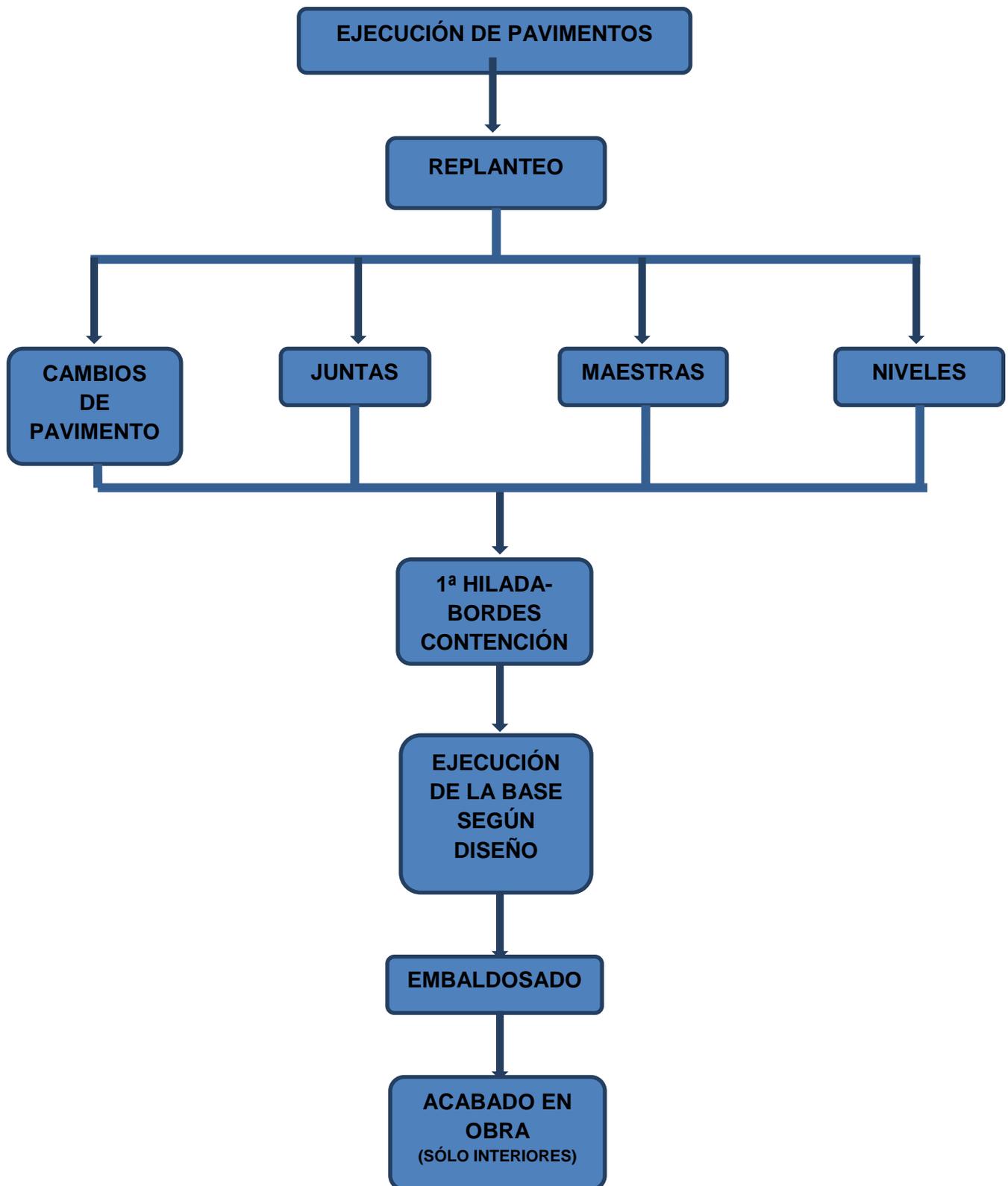
Como ya se ha comentado en la recepción de obra podemos tener un producto con sello de calidad o simplemente con un marcado CE, en el siguiente cuadro veremos cuáles son los ensayos se realizan en cada caso.

Tabla 16: Relación de ensayos de marcado CE y de Sello de calidad

ENSAYO	VALORACIÓN DE DEFECTOS	
	MARCADO CE	SELLO DE CALIDAD
Aspecto, dimensiones y forma	sí	sí
Resistencia a flexión	sí	sí
Carga de rotura	sí	sí
Desgaste por abrasión	sí	sí
Absorción de agua total	no	sí
Absorción de agua por la cara vista	no	sí
Resistencia al impacto	no	sí
Resistencia al deslizamiento	no	no

4. DISEÑO Y EJECUCIÓN





4.1 FACTORES DE DISEÑO

A la hora de definir un pavimento sea cual sea debemos tener en cuenta una serie de factores que concretarán el tipo de materiales que debemos usar, las preferencias en cuanto sistemas de ejecución o el acabado, así pues siempre debemos revisar estos factores, que pueden evitarnos patologías durante la ejecución ya que en este oficio una buena previsión es tan importante o más que una buena ejecución.

FACTOR ZONA

Es decir la localización en la que nos vamos a encontrar el pavimento, si es interior o exterior, ya que de ello depende en gran medida el sistema de ejecución (colocación sobre arena, colocación a punta de paleta, pavimento flotante...) así como el tipo de pavimento a usar.

Sobretudo en este apartado es importante concretar si estamos pavimentando sobre el forjado de una estructura, en cuyo caso deberemos tener en cuenta los posibles aislamientos acústicos y térmicos a los que nos obligan las normas y más importante sobre explanada en cuyo caso tendremos un número de capas importante cuyo grosor variará del resto de factores, las capas son:

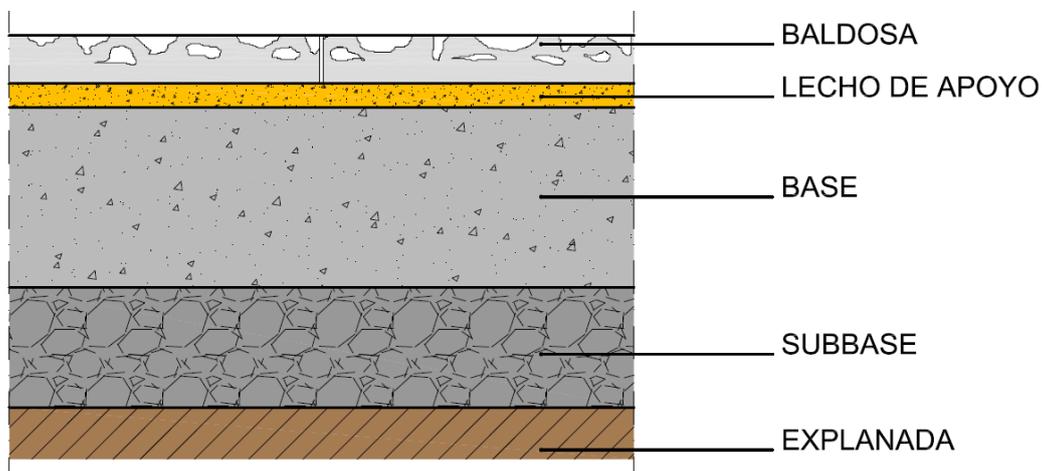


Ilustración 23: Capas que componen el sistema constructivo de un pavimento.

- **Explanada:** terreno natural adecuadamente compactado hasta alcanzar una capacidad portante mínima.
- **Subbase:** conjunto de capas naturales, de material granular seleccionado, estabilizado y compactado, situadas directamente sobre la explanada.
- **Base:** principal elemento portante de la estructura, situada sobre la subbase. Puede ser realizada con material granular, zahorra artificial, con un mayor



grado de compactación que el alcanzado en la subbase (base flexible), o estar realizada con hormigón magro (base rígida)

- **Lecho de apoyo:** base de apoyo de los adoquines, destinada a absorber sus diferencias de espesor debidas a la tolerancia de fabricación, de manera que éstos una vez compactados formen una superficie homogénea.
- **Baldosas prefabricadas:** elementos prefabricados de hormigón, cuya cara exterior, una vez colocados, forman la capa de rodadura de la superficie a pavimentar.

FACTOR EXPLANADA

Se hace una clasificación clásica de tipo de explanada en función de su resistencia ante las cargas.

Para caracterizar la calidad de la explanada se pueden utilizar varios procedimientos. Dos de los más usuales son el ensayo de módulo de reacción de la explanada y el índice CBR. Ambos métodos están totalmente normalizados y resultan relativamente económicos. Según los resultados de estos ensayos, se clasifica la explanada en tres grupos: S0, S1 y S2.

Tabla 17: Clasificación de las explanadas

Tipo de explanada	CBR	Módulo de reacción (kg/cm ³)	Inspección visual
S0	3-5	2'7-4	Terrenos de mala calidad bastante deformables, en los que el paso de unos pocos vehículos pesados sobre la explanada húmeda provoca fuertes deformaciones haciendo imposible la circulación. En general sus partículas son finas y plásticas. Pueden contener también algo de materia orgánica, detectable por su color oscuro y su olor (análogos a los de la tierra vegetal), u otros materiales que pueden provocar deformaciones apreciables. Así mismo puede ser el caso de rellenos recientes poco compactados que, en general, se reconocen por contener en su interior restos o desechos, por ejemplo, plásticos, latas, etc.
S1	5-10	4-5'5	Terrenos de calidad media, deformables, pero no exageradamente (es posible la circulación) con el paso de unos pocos vehículos pesados sobre la explanada húmeda. Se trata de suelos granulares (gravas, arenas, etc.) con partículas finas relativamente plásticas.
S2	>10	>5'5	Terrenos de buena calidad en los que el paso de vehículos pesados sobre la explanada húmeda no produce prácticamente huella. Están compuestos, en general, por gravas y arenas con pocos finos plásticos.
SH	-	-	Losa de concreto



Las condiciones resistentes mínimas que debe tener un terreno natural para poder ejecutar un pavimento sobre él sin que pueda haber problemas futuros es que el pavimento posea un CBR superior a 5, es decir, debe alcanzar el nivel S1, es necesario un tratamiento especial de mejora; sustitución de suelos, estabilización con cemento, etc., es decir es necesario colocar una subbase. Esta subbase debe ejecutarse con zahorra en tongadas de 10-15cm y compactarse hasta un 95% proctor. Los espesores a emplear son:

- CBR=5: 15cm de subbase.
- CBR=2: 30cm de subbase.

De no realizarse un estudio correcto, pueden seguirse los siguientes criterios:

- Para un suelo granular (arenas o gravas) resulta óptimo en general un tratamiento con cemento, con una dosificación entre un 5 y un 8% en peso de suelo seco.
- Para un suelo arcilloso-limoso o saturado, resulta más indicada una estabilización previa con cal (1 al 2%), seguida, tras 24 ó 48 horas, de una estabilización con cemento con una dosificación entre un 4 y un 6%.

El espesor a tratar suele ser de unos 25 cm. Este tipo de actuación es también aplicable para mejorar la calidad de la explanada a partir de los niveles S0 y S1, planteándose así una alternativa de proyecto.

Por las condiciones especiales que puede presentar el emplazamiento de un pavimento de terrazo vamos a considerar un cuarto tipo de explanada (SH), correspondiente a la presencia de una losa de hormigón, bien como única capa de apoyo, caso frecuente en localizaciones interiores como viviendas, o bien entre la explanada y el terrazo en naves industriales, sótanos de aparcamiento (losa de cimentación). En estos casos, puede procederse a la colocación directa del terrazo sobre la losa de concreto.

FACTOR TRÁFICO

Hablar del tráfico es lo mismo que hablar de la carga de rotura del pavimento, es uno de los factores más importantes y al mismo tiempo uno de los más fáciles de valorar. Entre otras cosas va a ser decisivo para elegir el tamaño de la baldosa y su espesor, y es importante no fijarnos sólo en el uso que va a tener la obra una vez está acabada (lo cual es habitual en la mayoría de los casos) sino fijarnos en el uso que va a tener durante su ejecución como por ejemplo ocurre en el caso de construcción de viviendas con suelo de pavimento continuo y al que se le dota de un uso normal cuando en realidad debido al paso continuo de materiales estaríamos hablando como mínimo de un mixto ligero. En la tabla a continuación se detallan los distintos tipos de tráfico.

Tabla 18: Clasificación del tráfico

Tipo de tráfico	Categoría	Tráfico peatonal	Cargas vehículos	Intensidad vehículos
Peatonal ligero	PL	<100 per/día	No	-
Peatonal intenso	PI	>100 per/día	No	-
Mixto ligero	ML	>100 per/día	<7 kg/cm ²	≤ 5v.p./día
Mixto pesado	MP	>100 per/día	<7 kg/cm ²	≤ 15v.p./día
Cargas concentradas	CC	>100 per/día	>7 kg/cm ²	≤ 25v.p./día

v.p. vehículo pesado >3t

FACTOR BALDOSA

La elección del tamaño de las piezas en planta se va a relacionar con los usos que se refieren en la Norma UNE 127.748-1 y con el tipo de tráfico que va a circular sobre el pavimento, básicamente afecta a la resistencia a flexión de la baldosa, así como a su carga de rotura. Los criterios que se han seguido a la hora de formular estas recomendaciones se basan en la experiencia acumulada durante años por los fabricantes y profesionales del sector.

Para el uso normal, al estar asociado a un tráfico únicamente peatonal, no existe ninguna limitación en cuanto al tamaño de las baldosas. Por razones prácticas, se recomiendan tamaños de baldosa mayores de 25 ó 35 cm de lado, a fin de disminuir el número de juntas.

Los mismos argumentos se pueden utilizar para recomendar baldosas mayores de 25 ó 30 cm de lado en el caso de uso intensivo, porque las condiciones de tráfico, aunque más severas, son de la misma tipología.

En el caso de uso industrial, la situación es diferente porque el tráfico puede ser no sólo peatonal, sino que también pueden intervenir vehículos ligeros, pesados o incluso cargas concentradas. Por ello, para casos de tráfico mixto ligero se puede recomendar colocar baldosas de hasta 40cm de lado mayor, mientras que si se prevé tráfico mixto pesado o el paso en algún momento de cargas excepcionales es recomendable usar baldosas de máximo 30 cm.

En el uso exterior, las recomendaciones son las mismas que en los casos anteriores, relacionadas con el tipo de tráfico. Para tráfico exclusivamente peatonales, el criterio de elección debe ser puramente de tipo estético, mientras que para tráfico mixtos se debe seguir la misma recomendación que en el caso de uso industrial.

En la tabla se especifican los espesores mínimos dependiendo del uso y de las dimensiones de las baldosas, básicamente se trata de a mayor baldosa mayor grosor.

Tabla 19: Espesor recomendado de las baldosas en función de su uso

Dimensiones (mm)	Espesor (mm)	
	Normal e Intensivo	Industrial y Exterior
L≤200	20	26
200≤L≤250	22	26
250≤L≤300	24	28
300≤L≤330	25	28
330≤L≤400	26	30
400≤L≤500	28	35
500≤L≤600	35	42
L>600	-	47

Un segundo sistema para la elección de la pieza es por su carga de rotura, para ello se tienen en cuenta la carga por rueda de vehículo y un coeficiente máximo para cada tipo de aplicación, que es la diferencia entre la carga por rueda de vehículo y la carga de rotura de la baldosa.

Tabla 20: Coeficientes de puesta en función del tráfico

Uso de la calzada	Máximo tráfico por sentido	Coef. Puesta
Peatones y vehículos de carga por rueda <600 kg	10.000 peatones 100 vehículos ligeros	1'5
Vehículos de reparto de mercancías de carga por rueda <900 kg	200 vehículos	1'3
Vehículos de carga por rueda <2500 kg		
Circulación ocasional a velocidad reducida (<30km/h)	5 vehículos	2'3
Circulación normal	60 vehículos	1'0
Vehículos de carga por rueda ≤6500 kg		
Circulación ocasional a velocidad	5 vehículos	2,6



reducida (<30km/h)		
Circulación normal	60 vehículos	2,2

De acuerdo a esto si tuviéramos que elegir una baldosa para una circulación ocasional con una carga por rueda superior a 6500 kg tendríamos que:

$$\frac{\text{Carga por rueda}}{\text{Carga de rotura de la baldosa}} = \text{Coef. puesta} \rightarrow \text{Carga de rotura} = \frac{\text{Carga por rueda}}{\text{Coef. puesta}}$$

$$\text{Carga de rotura} = \frac{6500}{2,2} = 2954,5 \text{ kg} \rightarrow \text{Baldosa de Clase 25}$$

FACTORES ESPECIALES

En algunas aplicaciones del terrazo se debe tener en cuenta, a la hora de proyectar el pavimento, una serie de acciones atípicas que no proceden de las cargas ni de otras acciones más habituales. Este tipo de acciones van estrechamente ligadas al emplazamiento y a la actividad que se realiza en el mismo.

En el caso de un pavimento exterior, aparte de los tradicionales agentes atmosféricos que se deben contemplar (agua y sol) y que repercuten en la durabilidad del terrazo, se debe considerar la posibilidad de cambios extremos de temperatura, que por dilatación térmica puedan producir la combadura de las losas del pavimento, las acciones de grasas y aceites procedentes de vehículos que atacan y manchan el terrazo, etc.

En los ambientes interiores, se debe considerar la posibilidad de que actúen líquidos o materiales corrosivos (tintes, desperdicios de animales en salas de despiece de mataderos) o que se quieran obtener propiedades especiales antideslizantes, baja conductividad térmica o eléctrica, etc.

Estos factores, muy importantes a la hora de diseñar un pavimento y que no vienen reflejados, en general, en los manuales de proyecto, nos pueden dar los criterios cuando tengamos que elegir en el terrazo una serie de parámetros tales como su textura, los materiales que lo componen, el acabado posterior a su colocación, etc.

A continuación, se dan unas directrices generales para algunos de estos casos.

- **Acción de las grasas y los combustibles:** En caso de que se trate de un pavimento interior, se puede impedir la penetración de estos agentes mediante un cristalizado de la superficie aplicado en fábrica o conseguido con posterioridad a la colocación del terrazo; para un pavimento exterior, la



solución consiste en realizar un tratamiento superficial mediante la aplicación de productos hidrófugos y oleófugos.

- **Efectos de la dilatación y la contracción:** La mejor solución en este caso es la colocación de juntas de dilatación, formando áreas de 40m² aproximadamente. Los pisos interiores se hacen coincidir estas juntas con las de la propia estructura sobre la que va colocado el piso.
- **Líquidos o materias corrosivas:** La aplicación de un tratamiento superficial de cristalizado suele ser la solución más eficaz en estos casos.
- **Propiedades antideslizantes:** Para conseguir esta propiedad es fundamental el tipo de acabado superficial que se da a las piezas (rugoso, relieve, salido de prensa, acabado con muela 60 ó 80).
- **Alta o baja conductividad térmica:** La conductividad térmica del terrazo es baja normalmente, pero se puede aumentar añadiendo a la dosificación materiales de alta conductividad térmica.
- **Alta o baja conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica es bastante moderada en general; en algunas aplicaciones especiales en las que se necesite una alta conductividad se deben añadir componentes o aditivos en las mezclas de la cara vista y del dorso a fin de aumentarla.
- **Señalización de barreras arquitectónicas para personas de visibilidad reducida:** Es necesario facilitar el paso personas de visibilidad reducida para ello como vimos en los capítulos anteriores aparece el pavimento táctil, que bien empleado es una estupenda herramienta que sirve señalización ante posibles obstáculos o cambios de dirección.

4.2. DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA SUPERFICIE

Es la parte más importante de la ejecución, puesto que es apoyo del pavimento sobre el suelo, de forma que si resulta insuficiente se deformará y con ello también el pavimento, llegando incluso a la rotura, además es la única fase de la ejecución que es igual tanto para interiores como para exteriores, en el resto aunque parecido tendremos pequeñas consideraciones que nos haga replantearnos el sistema de colocación.

La base depende principalmente del tipo de carga y del tipo de explanada. En un primer paso debe acondicionarse el terreno que nos servirá de apoyo del pavimento. En terrenos exteriores, la preparación de la explanada comienza por eliminar la cubierta vegetal (raíces que pueden levantar las baldosas ya colocadas, la materia orgánica, etc.), por asegurar que esta se mantenga seca y bien drenada y sobretodo muy importante compactar el terreno y mantener un nivel uniforme ya que de no hacerlo el pavimento se deformará al aplicar cargas sobre él.



En plantas bajas de edificación, con soleras apoyadas directamente sobre el terreno, han de adoptarse las precauciones necesarias para evitar que la humedad pueda producir algunas manchas, exudaciones y eflorescencias en la superficie del pavimento.

La superficie a pavimentar sobre soleras de hormigón debe estar totalmente limpia, sin que queden restos de yeso, detritus, productos de demolición, materiales colorantes, etc., y adecuadamente nivelada además de comprobar si está preparada para la carga que se le va a aplicar. Las pequeñas irregularidades existentes en la capa de apoyo suelen absorberse con el mortero de agarre. En el caso de que existiesen irregularidades o desniveles que exigiesen espesores mayores, debe procederse a la regularización de toda la superficie o a su corrección con el empleo de hormigón pobre, o un mortero autonivelante apropiado.

De esta manera en los casos en que apoyemos directamente sobre el terreno podemos debemos realizar previamente a la colocación del pavimento una estructura que sirva de soporte la cual nos da dos tipos distintos de bases:

- Base flexible: en este tipo de base la estructura de apoyo es una simple capa de zahorra debidamente compactada, se usa exclusivamente en exteriores y está espacialmente indicado para aquellos pavimentos que deben ser rejuntados con arena silícea. Un pavimento flexible debe cubrir las siguientes necesidades.
 - Soportar y transmitir las cargas que se presentan con el paso de vehículos.
 - Ser lo suficientemente impermeable.
 - Soportar el desgaste producido por el tránsito y por el clima.
 - Mantener una superficie cómoda y segura (antideslizante) para el rodamiento de los vehículos.
 - Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presente la capa inferior (base o subbase).

En el siguiente cuadro se especifican los espesores mínimos para la base de zahorra, indicados en función del tipo de suelo, y del tráfico para el que deben estar preparados.

Tabla 21: Espesores para bases de zahorra

Nivel de tráfico	Índice CBR del terreno	
	5<10	>10
Peatonal Ligero	20 cm	15 cm
Peatonal Intenso		
Mixto Ligero		
Mixto Pesado	Preveer bases rígidas	
Cargas Concentradas		

- Base rígida: la estructura se realiza con hormigón H-20 en el espesor adecuado para cada tipo de tráfico, actualmente es el más utilizado, ya que alcanza resistencias mucho mayores, y por lo tanto es capaz de soportar el tráfico que no soporta el pavimento flexible.

En el siguiente cuadro al igual que en el caso anterior se indican los espesores que debe tener la capa de base en el caso de ejecutarse con hormigón.

Tabla 22: Espesores para bases de hormigón HM-20

Nivel de tráfico	Índice CBR del terreno	
	5<10	5<10
Peatonal Ligero	12 cm sólo en este caso puede emplearse hormigón pobre en lugar de H-20	
Peatonal Intenso		
Mixto Ligero	15 cm	
Mixto Pesado	20 cm	
Cargas Concentradas	En este caso la realización de la calzada está ligada a las condiciones particulares de proyecto.	

Para la ejecución del embaldosado debemos tener en cuenta cierto tipo de factores, que nos harán decidir sobre el tipo de base que vamos a necesitar, o incluso la combinación de varias de ellas. Por ello las bases de un embaldosado deben cumplir unas funciones.

- **Desodilarización:** todo embaldosado debe independizarse del soporte para prevenir los efectos de la flexibilidad o estabilidad dimensional del soporte. Es habitual usar una capa de arena seca libre de arcillas o gravilla siempre en espesores inferiores a los 2cm, aunque también sirven láminas de polietileno de 150 micras
- **Aislamiento:** en cumplimiento de las normas vigentes de aislamiento térmico y acústico e incluso para la estanqueidad, es muy probable que debamos incluir alguna capa aislante, como pueda ser una lámina antiimpacto. En algunos casos el aislamiento a colocar puede tener además una función desodilarizadora.
- **Nivelación y relleno:** normalmente es necesario mejorar la planeidad o el acabado superficial para compensar los desniveles horizontales.
- **Refuerzo:** Si el soporte es muy deformable debe disponerse una base rígida como capa de refuerzo.

Teniendo esto en cuenta nos da como resultado 6 tipos distintos de base para pavimentos:

- **Sin base:** se realiza un embaldosado directo sobre el soporte o se dispone una capa de 3 mm y poco compresible como pueda ser una lámina de polietileno de 150 micras de espesor o un fieltro bituminoso.

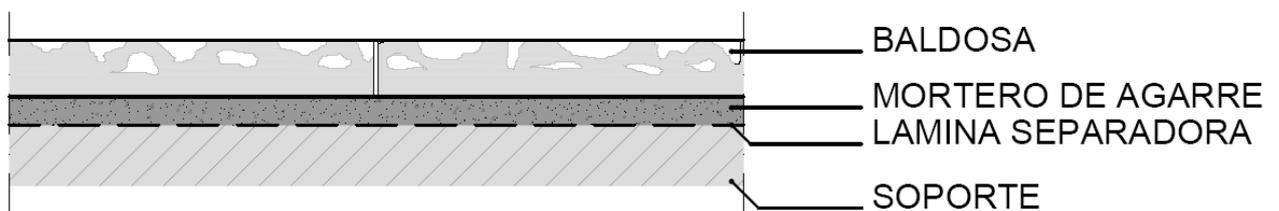


Ilustración 24: Ejemplo de colocación sin base

- **Gravilla o arena:** su espesor no debe ser superior a los 2cm en cualquier caso el material debe extenderse seco y debidamente nivelado. Tiene función tanto nivelante como desodilarizadora.

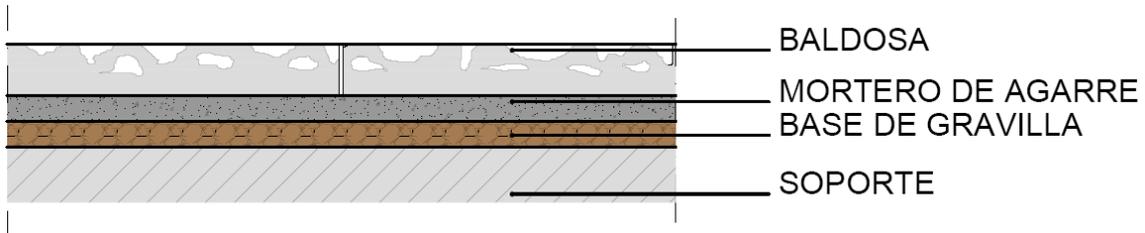


Ilustración 25: Ejemplo de colocación sobre base de gravilla

- **Arena estabilizada:** generalmente es preferible la arena de machaqueo, se añade cemento a razón de 100 kg por m³ de arena, llegando a espesores de 4cm, sirve únicamente de relleno.

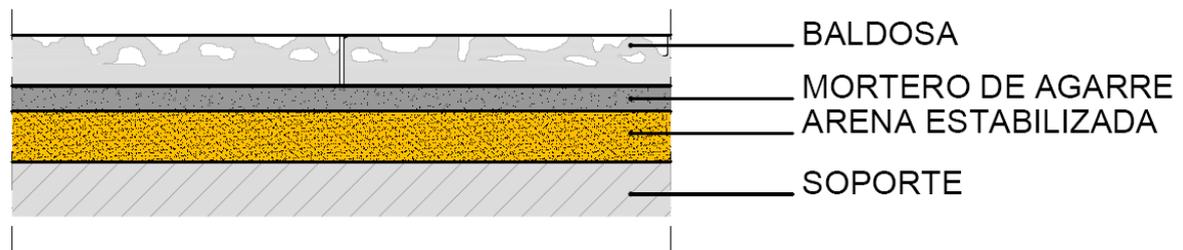


Ilustración 26: Ejemplo de colocación sobre base de arena estabilizada

- **Mortero:** se emplea mortero en espesores no superiores de 5 cm, puede utilizarse tanto como base nivelante, así como base resistente por la deformación de bases aislantes. El tipo de mortero a emplear varía en función del uso previsto, de esta manera:
 - **Usos normal e intensivo:** M-5
 - **Uso industrial (vehículos ligeros):** M-7'5
 - **Uso industrial (vehículos pesados):** M-10

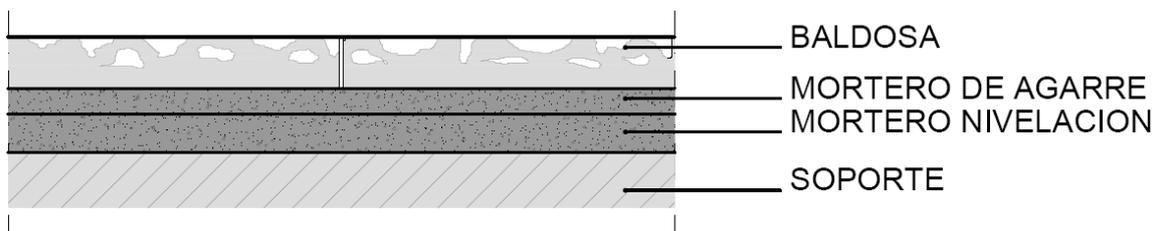


Ilustración 27: Ejemplo de colocación sobre base de mortero de nivelación

- **Mortero armado:** es un mortero con un mallazo con una cuantía entre 200 y 700 gramos por m². Su espesor está entre 4 y 6 cm y se coloca en

profundidades $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del espesor total del pavimento. Este tipo de base se usa exclusivamente en aquellos casos en el que existan elementos con una flexibilidad excesiva (cableado, tuberías, capas aislantes,...), como refuerzo para el reparto de cargas y para garantizar la continuidad del soporte.

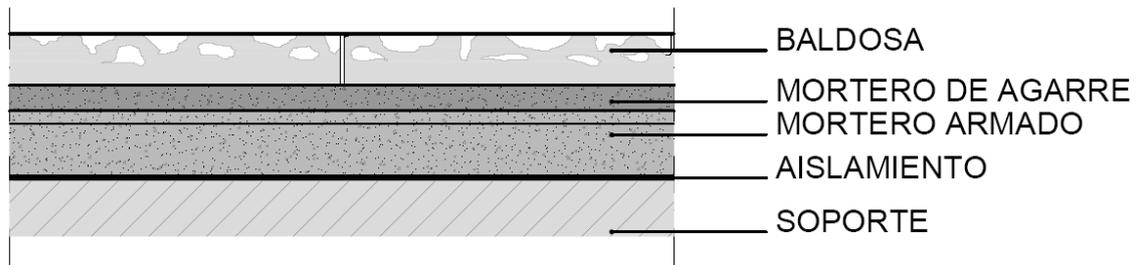


Ilustración 28: Ejemplo de colocación sobre base de mortero armado

- **Mortero autonivelante:** se emplea para nivelar pavimentos con desniveles excesivos. En caso de colocarse encima de una capa de aislamiento debe consultarse con el fabricante, espesor y la posible necesidad de añadir un mallazo. Las características de los autonivelantes a emplear en función del uso se definen en la siguiente tabla.

Tabla 23: Tipos de cemento cola a emplear según el uso

	Resistencia compresión (N/mm ²)	Resistencia flexión (N/mm ²)	Tipo autonivelante
Usos normal e intensivo	10	3	CT-C10-F3
Uso industrial (vehículos ligeros)			
Uso industrial (vehículos pesados)	30	7	CT-C30-F7

4.3. REPLANTEO DE LA SUPERFICIE

Es imprescindible iniciar la colocación con el trazado de las hileras denominadas "maestras", que nos indiquen las orientaciones de colocación de las piezas para su correcto escuadrado y nivelación, tanto si ésta se realiza antes o después de tabicar, éstas maestras se determinan durante el replanteo y van a decidir el reparto de toda la obra. Normalmente hay que efectuar 2 hileras maestras perpendiculares entre sí, una de ella en una dirección escogida. Una correcta planificación y ejecución de éstas puede simplificar, optimizar y abaratar el resto de la colocación. Tampoco debemos olvidarnos en esta fase de diferenciar los distintos tipos de pavimento que podamos

encontrarnos y realizar una primera hilada del tabique, esta vez no como maestra, sino como divisoria, esta primera hilada nos sirve entre otras cosas para realizar correctamente la junta de dilatación que necesitamos en el encuentro con el tabique, por lo tanto es importante diferenciar las formas generales de ejecución de pavimentos en este momento. Son básicamente dos:

- **Pavimento previo a la tabiquería:** En este sistema de ejecución el pavimento se realiza antes que la tabiquería, simplemente debemos tener en cuenta las zonas con un tipo de pavimento diferente para colocar la primera hilada, y colocar las juntas de dilatación, todos los tabiques se levantan encima del pavimento. Actualmente es el más utilizado en interiores en cuanto a pavimentos de terrazo se refiere, aunque posteriormente las condiciones climáticas a las que suele quedar expuestas y el paso de cargas propias de la obra pueden provocar más de un disgusto. Es importante no confundir en este caso un pavimento de baldosas de terrazo con un terrazo continuo, ya que aunque es un error muy común son dos conceptos completamente distintos, un terrazo continuo es un pavimento realizado in situ con hormigón

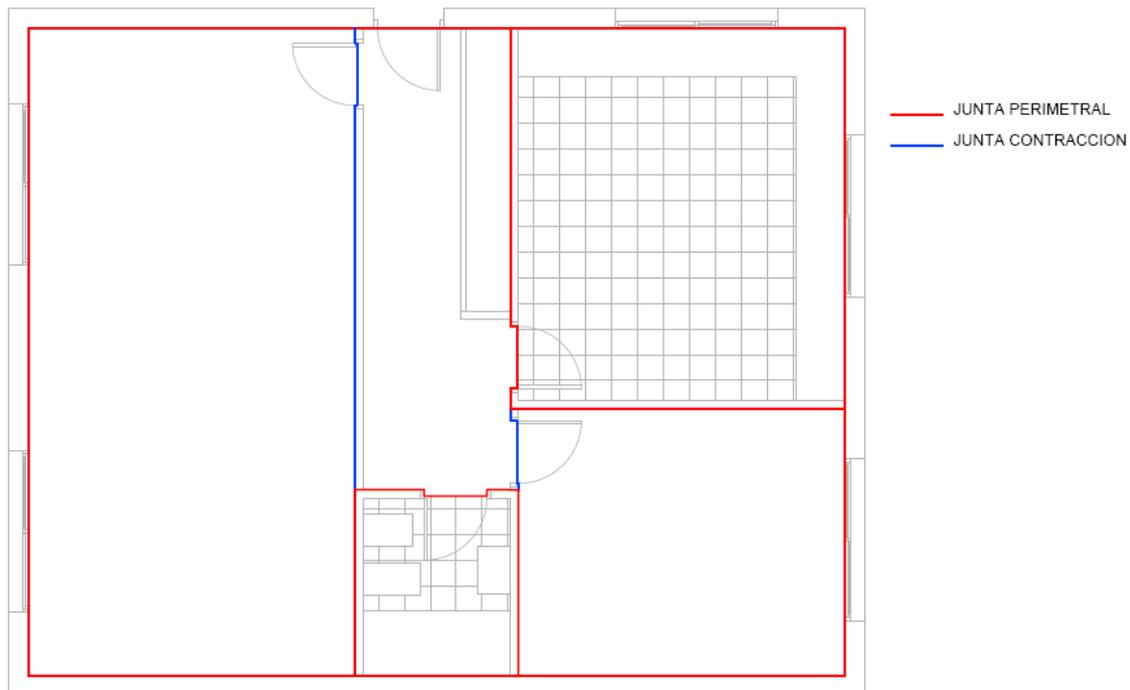


Ilustración 29: Ejemplo de juntas en pavimentos ejecutados previamente a la tabiquería

- **Pavimento posterior a la tabiquería:** Este sistema ejecuta el pavimento después de tener la tabiquería acabada o por lo menos la primera hilada de toda ella, por lo cual debido a los plazos del pulido nos retrasa inevitablemente otras partidas de la obra como el enlucido de tabiques, o la

pintura interior, además de dificultar el pulido ya que no trabajamos en un espacio diáfano como en el pavimento continuo, sin embargo tiene la ventaja de que el pavimento puede quedar protegido de la intemperie y que el paso de cargas es mínimo, lo cual evita deformaciones en la superficie.

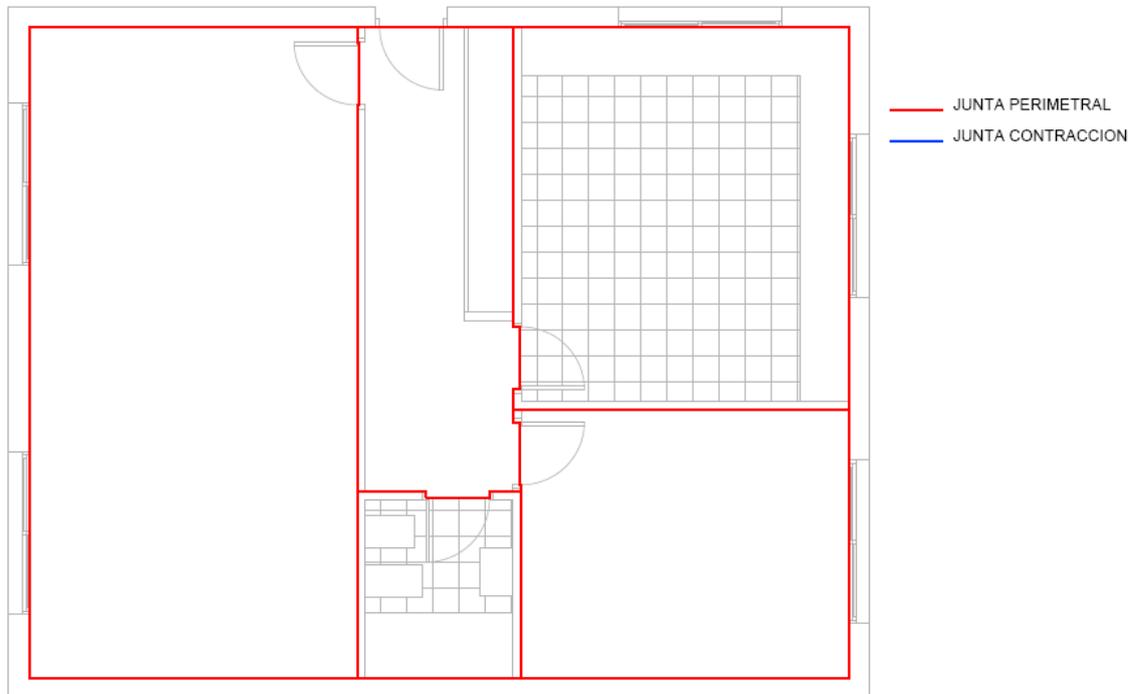


Ilustración 30: Ejemplo de juntas en pavimento después de la tabiquería

Es importante no confundir en este caso un pavimento de baldosas de terrazo con un terrazo continuo, ya que aunque es un error muy común son dos conceptos completamente distintos, un terrazo continuo es un pavimento realizado in situ con hormigón, donde tendremos las juntas perimetrales y juntas de contracción cada 1,25 metros.

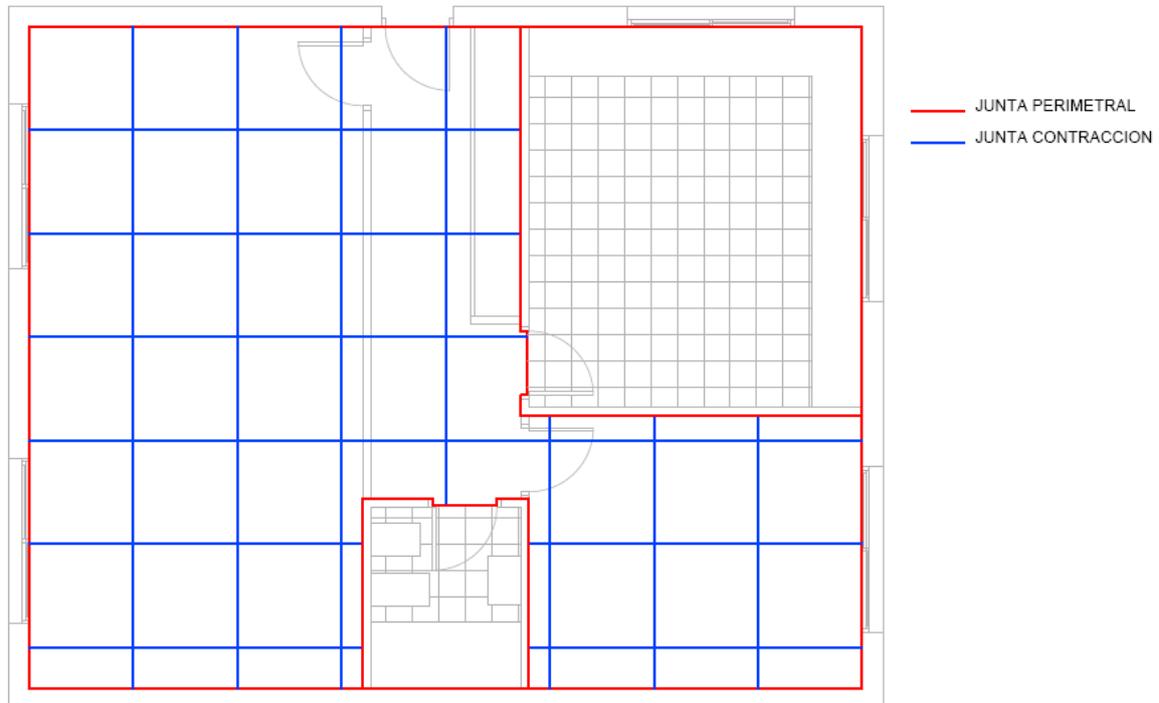


Ilustración 31: Ejemplo de juntas en terrazo continuo

La otra parte del replanteo es el nivel del pavimento, para ello partiremos de una cota 0 de referencia sobre la que deberemos añadir el espesor del pavimento acabado, posteriormente deberemos trazar una línea horizontal que nos sirva de referencia para todo el pavimento, normalmente tendremos errores de factor humano, que no deben ser superiores a 3mm por cada 2m de pavimento ejecutado, o de 1mm entre baldosas contiguas.

En exteriores dicha cota 0 la suelen dar los ayuntamientos o la replantean incluso los topógrafos al tratarse normalmente de obra civil. En interiores dan la cota cero según el plan urbanístico, pero debe tenerse en cuenta que cuando el edificio tiene varias plantas debemos tener la base de origen en los núcleos de comunicación, es decir las escaleras, con ello aseguramos que la altura en esta zona sea constante, y los posibles errores de nivel los arrastraremos a otras zonas de la obra donde no nos afecten, de esta manera el peldañeo de las escaleras será siempre el mismo, lo que evitará tropiezos al subirlas (un error de 1mm en un peldaño puede hacernos tropezar) y no acumularemos error planta a planta por lo que no tendremos problemas en la inspección final de obra donde se da especial importancia a las dimensiones de pasillos y escaleras.



4.4. BORDES DE CONFINAMIENTO

Es conveniente que los pavimentos tengan elementos de confinamiento en los bordes ya que evita el desplazamiento de las piezas cuando estén sometidas a carga, con ello impedimos:

- La apertura de juntas.
- La pérdida de trabazón.
- La dispersión del lecho de apoyo.

Dichos bordes pueden ser desde los propios bordillos de la acera hasta la tabiquería prevista en proyecto en los casos de interiores, así como perfiles metálicos tipo L.

Además sirve como referencia para el colocador a la hora de dejar las juntas perimetrales, ya que es más sencillo sobre un elemento existente que no sobre un replanteo en el que por el contrario si ejecutamos antes el pavimento nos ocurrirán dos cosas, primero complicaremos la vida del tabiquero que deberá levantar la fábrica de ladrillo sobre el espacio que le hayamos dejado, y segundo que podemos ensuciar el espacio previsto para la junta con el mortero del propio tabique con lo cual a efectos prácticos no tendremos junta. Por lo cual antes de la colocación del pavimento debe disponerse un material elástico (poliestireno expandido, masilla, silicona...) en el encuentro de la tabiquería.

4.5. JUNTAS

Al igual que en otro tipo de pavimentos, deben disponerse juntas en el pavimento con el fin de optimizar su funcionamiento y permitir los movimientos originados por efecto de esfuerzos de variaciones térmicas o propios de la estructura.

Como norma general, son tres los tipos de juntas que pueden disponerse en un pavimento:

- **Juntas de dilatación o aislamiento:** deben disponerse siempre en coincidencia con las juntas de dilatación de la propia estructura. Adicionalmente, estas juntas suelen disponerse ante la existencia de un elemento fijo, por ejemplo un pilar, un muro, una arqueta de registro, para evitar que los esfuerzos de compresión originados por efectos térmicos puedan producir algún tipo de daño en las baldosas. En la pavimentación se respetarán las juntas estructurales existentes en la edificación.



Imagen 12: Junta de dilatación

- **Juntas de contracción o alabeo:** se disponen para absorber los pequeños desplazamientos originados en los paños de solado, debido a saltos térmicos, y evitar que se produzcan roturas en el pavimento. Podemos diferenciar dos clases, perimetrales (cuya misión más que la de absorber movimientos es la de separar el pavimento de elementos verticales) y las de partición (cuya misión si es únicamente la de absorber movimientos).

Las juntas perimetrales nos las encontraremos sobretodo en fachadas, aunque también es normal encontrárnosla en encuentros interiores.

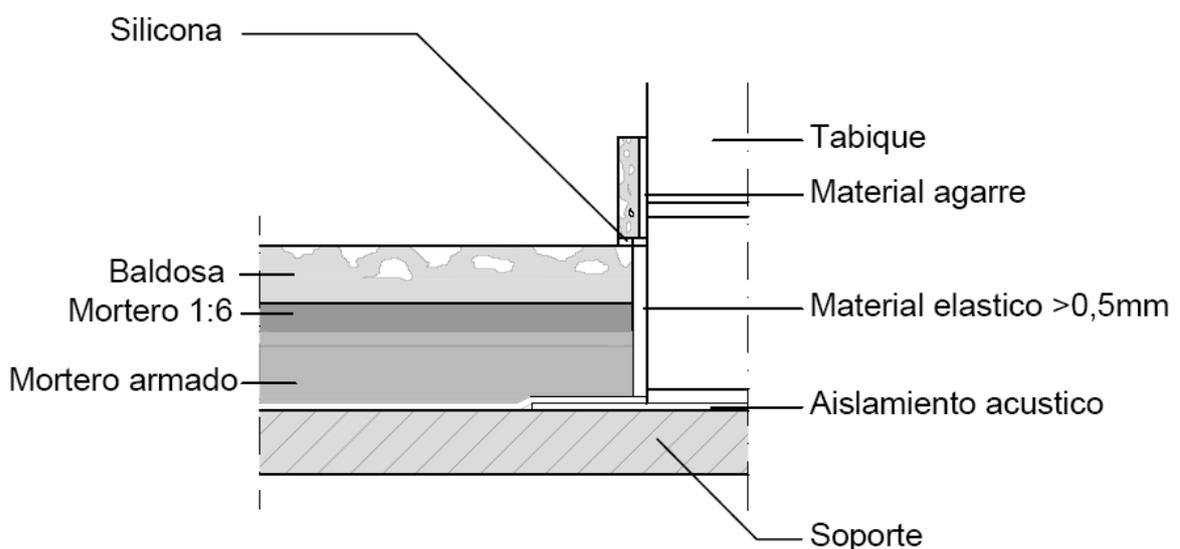


Ilustración 32: Ejemplo de junta perimetral en tabique intermedio

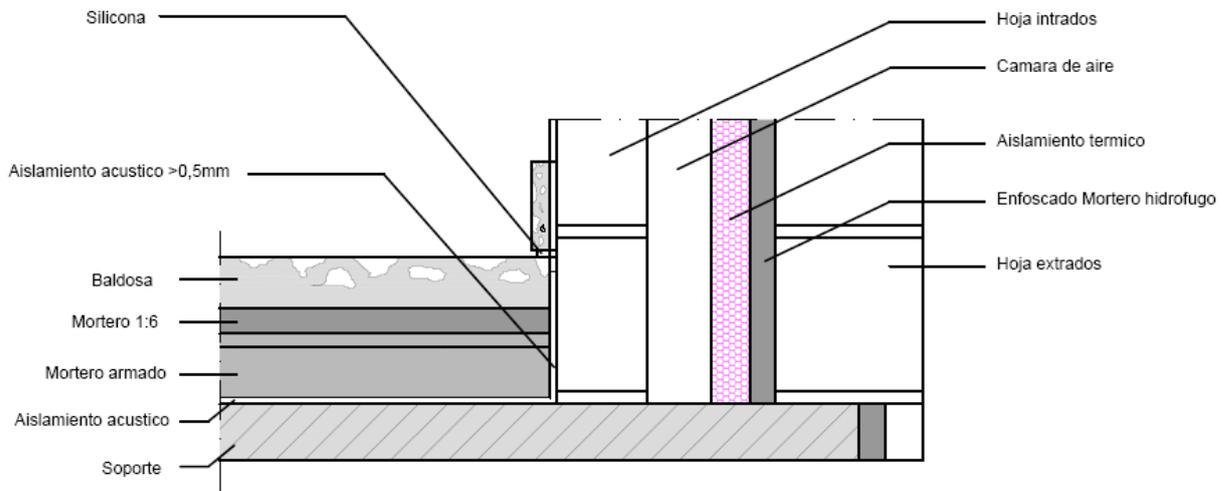


Ilustración 33: Ejemplo de junta perimetral en fachada

Las juntas de contracción nos las podemos encontrar en cualquier parte, aunque a excepción de las grandes superficies diáfanas, siempre debe buscarse la manera de disimularlas lo máximo posible con otros elementos de la obra (tabiques, puertas,...).

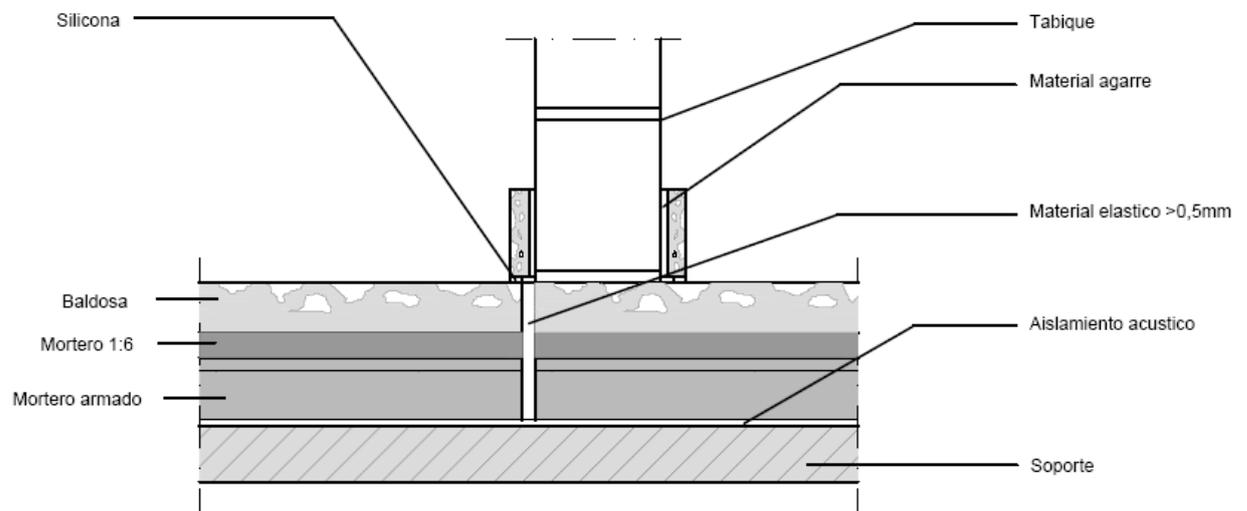


Ilustración 34: Ejemplo de junta de contracción



Imagen 13: Junta perimetral

- **Juntas de separación entre baldosas:** tienen como finalidad evitar que se puedan producir desconchados en las baldosas. Las baldosas se colocarán con una separación de entre 1 y 1,5 mm en interior y entre 1,5 y 3 mm en exterior, dependiendo de las dimensiones de las piezas y del ámbito en donde estarán colocadas.



Imagen 14: Junta entre baldosas

La colocación de las juntas debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los mismos. Se deberán seguir las instrucciones del proyecto y si no estuvieran indicados, se destacarán algunos criterios generales:



- En pequeños ámbitos, como por ejemplo en habitaciones, descansillos y pasillos, las limitadas dimensiones acotan los paños de tal manera que su perímetro actúa como junta, por lo que se preverá una junta de dilatación y no se colocarán a tope contra la zona perimetral, donde una separación del orden de 15-5 mm sería suficiente para absorber cualquier movimiento.
- En grandes superficies (centros comerciales, aeropuertos, etc.) es recomendable disponer una junta de contracción a intervalos, de manera que se formen áreas cuadradas de superficie no superior a los 40m².
- En viviendas en las que el solado se ejecute previamente a la tabiquería, deben hacerse coincidir las juntas con los tabiques previstos y debajo de las hojas de las puertas en los cambios de pavimento, evitando así que éstas puedan quedar en medio de habitaciones y espacios abiertos. Es recomendable en estos casos formar áreas entre 50 y 60m².
- En aquellos suelos que vayan a estar sometidos a un tránsito intenso, rodadura con ruedas duras o arrastre de cargas pesadas, la disposición de las juntas debe ser tal que se evite en lo posible cruzarse en el paso, si no fuera posible se dispondrá de juntas con perfiles que tengan los bordes protegidos con metal.
- En exterior, el material de juntas debe, además, ser capaz de resistir las posibles agresiones medioambientales (heladas, cambios bruscos de temperatura, etc.). En este caso la junta de dilatación se pondrá en intervalos de aproximadamente 8m, de manera que se formen áreas de superficies no superiores a 30m².

4.6. EMBALDOSADO

Entendemos lecho de apoyo tanto al mortero de agarre como a la capa de arena, esto es así porque los pavimentos prefabricados de hormigón tienen múltiples formas de colocación sólo es necesario elegir la adecuada para cada situación, es una de las grandes ventajas de este tipo de pavimentos. Así pues tenemos cinco sistemas de colocación de las baldosas:

- Colocación directa sobre mortero de agarre
- Colocación sobre lecho de arena
- Colocación con cemento cola
- Colocación sobre apoyos

COLOCACIÓN SOBRE MORTERO DE AGARRE

Se emplea sobre bases rígidas, es decir bases de hormigón o de mortero en el caso de interiores, siempre con espesores máximos de 4 cm y mínimos de 2,5 cm, siendo el espesor de la base de hormigón el que indique el proyecto.



El mortero tiene una resistencia mínima de 120 kg/cm^2 , por lo que su dosificación no será inferior a los 250 kg de cemento Pórtland 32,5.

En cuanto a la arena, ésta debe ser adecuada para la fabricación de morteros de cemento. Sin embargo, para obtener una óptima fijación de las baldosas al mortero de agarre, es recomendable que la arena utilizada sea una arena de miga (arena arcocita compuesta de feldespatos, cuarzo y una pequeña cantidad de arcilla).

Amasaremos para obtener una consistencia blanda, esto es, entre 8 y 10 cm de asiento de Cono.

Existen dos tipos de colocación sobre mortero, la primera y por desgracia la que menos he visto utilizar es el sistema llamado a punta de paleta, en dicho sistema el extendido, la colocación y la nivelación se realiza baldosa a baldosa.

Es importante que el mortero de agarre se vaya preparando y extendiendo a medida que avance el trabajo, utilizándose inmediatamente después de su amasado, antes de que tenga lugar el principio de fraguado. El empleo de morteros preparados que contengan aditivos retardantes del fraguado no es recomendable.

Las losas se presionan con la maza de caucho, asegurando el completo y homogéneo asiento de cada baldosa sobre el material de agarre, al comprobar que éste tiende a subir por los bordes y juntas. Dejando igualmente las juntas abiertas el grueso de la hoja de la paleta (aprox. 1,5-3 mm). Comprobaremos cada 4 o 5 metros la correcta alineación de las juntas.

Es importante igualmente ir comprobando y rectificando la alineación y nivelación de las piezas ya colocadas, y eliminar el mortero de sus laterales a fin de asegurar el correcto asiento de las siguientes, con la junta abierta dispuesta para ser obturada por el vertido de lechada.

Este tipo de colocación es recomendable para todo tipo de superficies y, especialmente cuando no se prevé un posterior rebaje y pulido de la superficie. Como ventajas podemos citar el buen asiento de la baldosa en el mortero, el control sobre el espaciado entre baldosas, en general aporta una mayor calidad al pavimento, simplemente es un sistema relativamente lento.

El segundo método es el llamado a la estesa o colocación intensiva, en el que primero debemos extender por zonas el mortero debidamente nivelado (según espesores y composición ya analizados) espolvoreando antes de la colocación de las piezas esta superficie con cemento pórtland gris seco para mejorar la adherencia. A continuación, se procede a colocar las piezas dejando la junta correspondiente entre pieza y pieza. Esta colocación puede realizarse de dos formas:

- Disponiendo hileras de piezas paralelas a una de las maestras



- Avanzando en la colocación de las piezas en las direcciones de las dos maestras al mismo tiempo.

Independientemente de la forma de colocación, una vez puesto un cierto número de piezas, se procede al ajuste tanto del nivel como de la posición en planta de las piezas que lo requieran.

Para avanzar en la colocación, los operarios deben pisar piezas recién colocadas, por lo que se debe tomar la precaución de cubrir éstas con planchas de madera o tablonos a fin de repartir el peso en la superficie y no producir hundimientos localizados de piezas. Hay que decir que en el tiempo que pasé en obra llegué a observar que algunos colocadores empleaban un mortero semiseco para este sistema de colocación y está más próximo a la colocación sobre lecho de arena que a la colocación sobre mortero

Las ventajas principales de este sistema de colocación residen, en su rapidez de ejecución. Por el contrario los inconvenientes son más abundantes que en el sistema individual empezando por su menor grado de nivelación, pudiendo quedar pequeños desniveles en las juntas entre pieza y pieza (la experiencia me dice que quedan y además abundantes). Por ello es recomendable siempre proceder a un posterior rebaje y pulido de la superficie, a no ser que se trate de pavimentos exteriores, en cuyo caso el bisel de las piezas amortigua los posibles defectos de nivelación. Además en baldosas de dimensiones mayores a 40cm de lado pueden aparecer huecos entre la baldosa y el lecho de apoyo, de forma que se pierde la adherencia pudiendo provocar más roturas y desperfectos con la aplicación de cargas.

Sea cual fuere el método utilizado, los objetivos inexcusables a batir serán:

- El total apoyo de la superficie de base de la baldosa sobre el mortero de agarre
- La nivelación y alineación correctas y uniformes en toda la superficie
- La superficie de caras vistas de las losas será lisa y continua, minimizando las “cejas” entre piezas producidas por diferencias de nivel entre las piezas, facilitando así un acabado en obra ágil y eficaz.

En exteriores se debe impedir el paso de personal sobre la zona durante las primeras 48 horas y hasta transcurridos 21 días, no se permitirá el tránsito de vehículos, incluidos principalmente los propios de la obra. En interiores debería seguirse el mismo criterio sin embargo el personal transita a las 24 horas de haberse colocado y las cargas se exige que pasen a los 7 días del pulido pero suelen pasar antes por exigencias de la obra.

Debemos considerar el hecho de que España es el único país europeo que mantiene este sistema de colocación en pavimentos exteriores, el resto lo hace sobre lecho de arena.

En realidad lo que se busca con el lecho de mortero es la unión entre el soporte y las baldosas. En ensayos de laboratorio se ha llegado a obtener una resistencia de 1 Kg/cm² pero a efectos reales esto no es así sino que o tenemos 1 Kg/cm² o no tenemos nada, por lo tanto no tiene demasiado sentido, sobretodo por el hecho de que lo que le da la estabilidad a un pavimento y su carácter de solera no es la unión con el soporte sino la unión de sus juntas



Imagen 15: Colocación sobre mortero a punta de paleta

Es importante en este apartado tener claros el tipo de mortero a emplear en cada caso

Tabla 24: Morteros de agarre en pavimentos interiores

SOPORTE	USO	BALDOSA	SISTEMA COLOCACIÓN	MORTERO DE AGARRE
Solera o forjado de hormigón	Normal	≤40x40	Punta paleta	M-7'5
			Estesa	M-5
	Intensivo	≤40x40	Punta paleta	M-7'5
			Estesa	M-5
		>40x40	Punta paleta	M-10
			Punta paleta	M-10
	Industrial	≤40x40	Punta paleta	M-10
		>40x40		
Base de	Normal	≤40x40	Punta paleta	M-7'5



nivelación sobre solera o forjado			Estesa	M-5
		>40x40	Punta paleta	M-10
	Intensivo	≤40x40	Punta paleta	M-10
			Estesa	M-5
		>40x40	Punta paleta	M-10
	Industrial	≤40x40	Punta paleta	M-10
		≤40x40	Estesa	M-5
		>40x40	Punta paleta	M-15

Tabla 25: Material de agarre en pavimentos exteriores

SOPORTE	CLASE ROTURA	BALDOSA	SISTEMA COLOCACIÓN	MORTERO DE AGARRE
Solera o forjado de hormigón	3,4,7	≤30x30	Punta paleta	M-7'5
			Estesa	M-5
		>30x30	Punta paleta	M-7'5
	11,14	≤30x30	Punta paleta	M-7'5
			Estesa	M-5
		>30x30	Punta paleta	M-7'5
Base de nivelación sobre solera o forjado	3,4,7	≤30x30	Punta paleta	M-7'5
		>30x30	Punta paleta	M-10
	11,14	≤30x30	Punta paleta	M-10
		>30x30	Punta paleta	M-15
Explanada natural CBR>5 con tráfico peatonal	3,4,7	≤30x30	Punta paleta	M-10
			Estesa	M-5
		>30x30	Punta paleta	M-10
	11,14	≤30x30	Punta paleta	M-10
>30x30		Punta paleta	M-10	
Explanada natural CBR>5 con tráfico mixto ligero	3,4,7	≤30x30	Punta paleta	M-10
			Estesa	M-5
		>30x30	Punta paleta	M-10



	11,14	≤30x30	Punta paleta	M-10
		>30x30	Punta paleta	M-15
Explanada natural CBR>5 con tráfico mixto pesado	11,14	≤30x30	Punta paleta	M-10
		>30x30	Punta paleta	M-15

COLOCACIÓN SOBRE LECHO DE ÁRIDO

Siempre que la base sea flexible, es la recomendable. No tiene sentido apoyar un lecho rígido de mortero sobre una base flexible, cuyas deformaciones lo fragmentarán en un quebradizo e inestable apoyo, haciendo trabajar mal a la baldosa o losa. En cambio sí es indicado colocar lecho de arena sobre base rígida, asegurando el adecuado confinamiento perimetral del grueso de arena, para impedir su pérdida progresiva de espesor. Además este es el único sistema para colocar adoquines prefabricados.

Este espesor nunca debe exceder los 4 cm ni ser inferior a 3cm. Ante un espesor excesivo, superior a 4 cm una carga de rueda provocará una flexión desfavorable. Por otra parte, por debajo de los 3 cm, la rotura de la losa será por punzonamiento, al entrar en contacto directo la losa con los puntos duros de la base. Dentro de estas cotas de entre 3 y 4cm, el espesor de la capa del lecho deberá ser constante, para evitar asentamientos diferenciales, especialmente en zonas de uso intenso. Esto implica la planeidad de la base preparada y su correspondiente pendiente que será la del pavimento acabado. Por su parte, la planeidad del lecho de arena no admite tolerancias más allá de 1 cm por tres metros.

Se emplean áridos de calidad (durabilidad), silíceos o sílico-calcáreos, limpios, de granulometrías comprendidas entre 2 y 6mm, en proporciones continuas, libres de arcillas y materiales orgánicos. Se trabaja con el árido ligeramente humedecido. Puede incluso utilizarse arena estabilizada con cemento.

Para la nivelación de la cota del lecho, se reglea al nivel de pavimento terminado menos el grueso de la losa, considerando unos milímetros de asentamiento por la presión de colocación.

Se siembran las losas evitando pisar el lecho de arena, esto es, los colocadores pondrán la nueva hilera de baldosas o losas situadas sobre las hileras inmediatamente anteriores. Es conveniente revisar la alineación de las juntas cada cuatro o cinco metros. Este sistema necesita que las baldosas tengan una mayor resistencia a la rotura.



Imagen 16: Colocación sobre árido

COLOCACIÓN CON CEMENTO COLA

El cemento cola se utiliza únicamente en pavimentación interior, cuando esté indicado en el proyecto o así lo exijan las alturas disponibles, también se utiliza en caso de que se quiera reducir el espesor total de la pavimentación.

Para colocar el pavimento con cemento cola, se requiere que la superficie de apoyo esté perfectamente nivelada y seca. La nivelación se puede conseguir mediante mortero o pasta autonivelante. Una vez se haya endurecido, se añadirá una capa de hasta 1 cm de cemento cola, pasando a continuación una llana dentada para conseguir una mayor adherencia de la baldosa, procediéndose a la colocación de las mismas. Es imprescindible seleccionar cuidadosamente la calidad del cemento cola a emplear, podemos escoger entre tres tipos:

- **Normal (C1):** adherencia $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
- **Mejorado (C2):** adherencia $\geq 1 \text{ N/mm}^2$
- **Uso exclusivo para interiores (C)**

Así en función del uso y del tamaño de la baldosa podemos saber qué tipo de adhesivo emplear

Tabla 26: Cemento cola a emplear según uso

USO	BALDOSA	MATERIAL DE AGARRE
Normal	$\leq 40 \times 40 \text{ cm}$	C

	>40x40cm	C1
Intensivo	≤40x40cm	C1
	>40x40cm	C1
Industrial	≤40x40cm	C1
	>40x40cm	C2



Imagen 17: Ejemplo de colocación con cemento cola

COLOCACIÓN SOBRE APOYOS

En pavimentos exteriores que cubren techos de aparcamientos subterráneos y otros espacios bajo nivel, es posible disponer las losas sobre apoyos regulables en altura, para lograr la planeidad del pavimento terminado, a partir de la pendiente que la base presenta para evacuar las aguas pluviales.

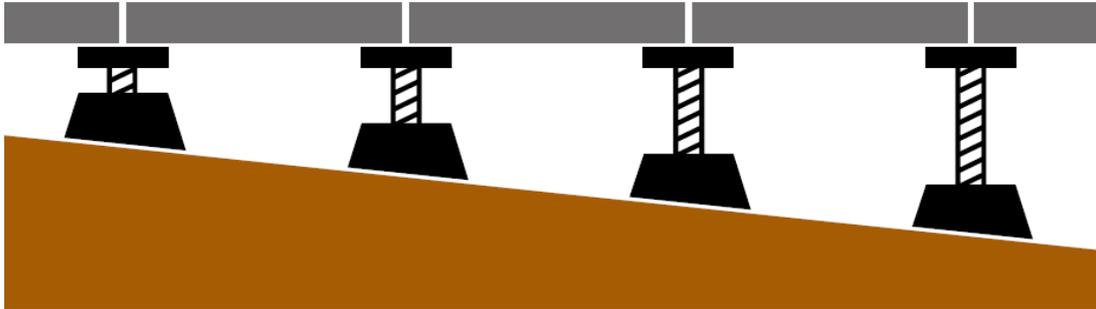


Ilustración 35: Ejemplo de colocación sobre soportes

La resistencia real para este sistema está cercana a los valores de carga de rotura en laboratorio que poseen las losas. Debemos tener en cuenta que una persona dando un salto de 20 cm multiplica en el impacto su peso por ocho o diez. Por lo tanto si el pavimento es de uso privado deberá tener una carga de rotura mínima en laboratorio de 1.100 daN (aproximadamente 1.100 kg), es decir Clase 11; y si es de uso colectivo o público no menor de 1400 daN, o sea Clase 14. Además cuentan con una resistencia al impacto mínima de 800mm de caída.

Podemos concluir que no es necesario en cuanto a resistencia mecánica que estas losas sean armadas, pero mirando desde el punto la perspectiva de seguridad y por el bien del peatón conviene que lleve armadura de acero inoxidable, para evitar accidentes en caso de rotura, ya que dicha armadura en mayor o en menor medida siempre dará la opción de poder reaccionar.

Los pavimentos flotantes están constituidos por baldosas que se apoyan sobre soportes. En la pavimentación flotante se deja un espacio vacío entre el dorso de la baldosa y la base de apoyo, bien porque sea preciso el paso de canalizaciones o conducciones, o bien porque se quiera una rápida evacuación de las aguas de lluvia o de las utilizadas en la limpieza del pavimento.

Las baldosas se colocan apoyando las esquinas o una parte del dorso sobre soportes, quedando la mayor parte de la pieza "flotando" sin apoyo.

La nivelación se consigue variando la altura de los soportes. Éstos pueden ser simples ladrillos, soportes de hormigón de distintas alturas o soportes de otro tipo de material (normalmente materiales plásticos o metálicos) regulables en altura. Los soportes de plástico se pueden montar sobre cualquier superficie como son: mortero, planchas de poliestireno expandido, compuestos de material impermeabilización, madera, etc.

El montaje más generalizado es en seco por su rapidez y economía, lo que permite la utilización inmediata de la pavimentación. También pueden fijarse con cemento, adhesivos o clavarse.

El montaje es rápido y sencillo, ya que se colocan a la vez losas y apoyos de forma continuada. Una vez trazada y montada la primera hilera, la ubicación del resto es puramente mecánica, pues a cada losa le corresponde un apoyo. Se debe trazar con cordeles la primera línea pues de ésta depende el resto del montaje, que se irá acoplado sucesivamente.

Los apoyos vienen marcados con la pendiente que han de compensar (plano - 1% - 2% - 3%) y el montador dirigirá la aleta distintiva (entallada) hacia el sumidero del desagüe, esta aleta entallada indica la pendiente máxima, que debe apuntar al sumidero.



Imagen 18: Soportes

En las zonas de ángulos o paredes se pueden cortar las pestañas superiores del apoyo para facilitar el ajuste de los remates perimetrales.

Este sistema de colocación ofrece múltiples ventajas:

- Pavimento transitable para el tráfico peatonal intensivo, pudiéndose colocar sobre la pavimentación equipos e instalaciones del edificio (consultar con el departamento técnico del fabricante la carga máxima admisible, en función del espesor del pavimento).
- Obtención de superficies pavimentadas planas sobre suelos con pendiente, corrigiendo los desniveles con bases de distinta inclinación de 0 a 3%. Las pendientes superiores al 3% se han de compensar con mortero.
- Obtención de superficies de gran calidad y belleza al colocar las baldosas pudiéndose pavimentar con distintos acabados superficiales y colores.
- Obtención de gran aislamiento térmico por la cámara de aire, con ventilación constante de la cubierta.

- Posibilidad de albergar en su interior cableado, tuberías de instalaciones eléctricas, informáticas, aire acondicionado, sanitarias, etc.
- Óptimo mantenimiento de la cubierta y facilidad para poder localizar cualquier avería en la impermeabilización e instalación al ser totalmente desmontable, pudiendo acudir a cualquier punto de la superficie recubierta.
- Facilidad de limpieza y mantenimiento al colocar baldosas de terrazo de alta calidad fácilmente limpiable, evitándose la proliferación de hierbas, microorganismos, etc.
- Perfecto drenaje de la superficie pavimentada, al realizarse através de las juntas entre baldosas (4 mm separación facilitada por las aletas existentes en las bases de apoyo), evitándose cualquier acumulación de agua o suciedad en la superficie.
- Facilidad y rapidez en el montaje de las bases de plástico y baldosas, obteniéndose unos resultados de aproximadamente 6m²/ hora.

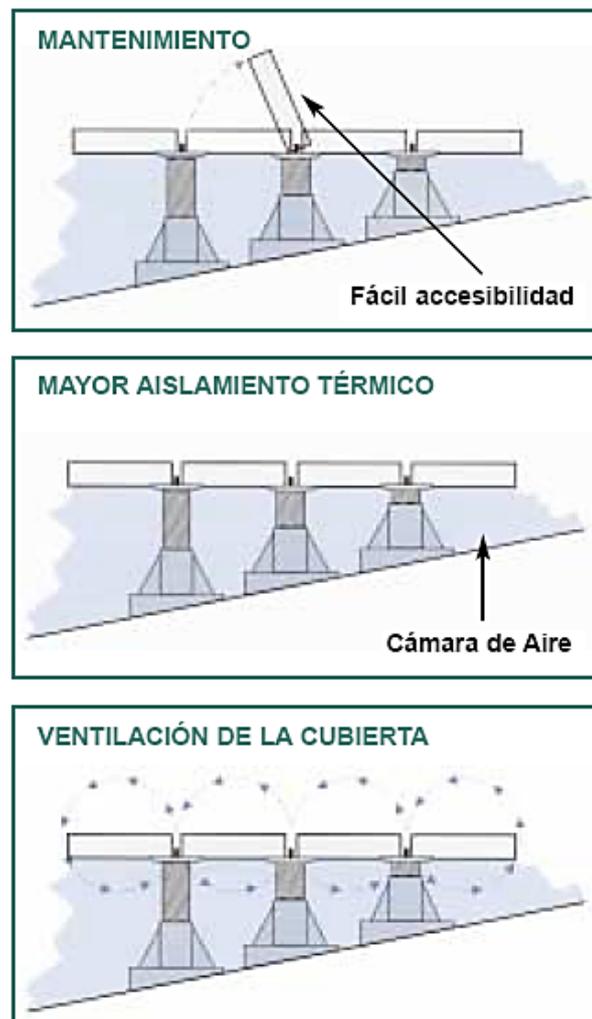


Ilustración 36: Ventajas de la colocación sobre soportes

4.7. RELLENO DE JUNTAS

En los casos en que se precise un sellado de las juntas para convertir un pavimento de terrazo formado por un conjunto de piezas en un pavimento "continuo", es necesario rellenar las juntas que quedan después de su colocación con un material que hemos definido anteriormente (lechada), y cuya misión es dar monolitismo a dichas piezas. Este proceso debe aplicarse 24 horas después de la colocación de las baldosas.

La aplicación de esta lechada tiene una segunda función que es la de rellenar los poros de las piezas, los vacíos propios de los agregados y los posibles desbordamientos producidos durante la manipulación de las baldosas.

Una vez acabada la jornada de colocación es recomendable proceder a la aplicación de la lechada sobre la superficie colocada ese día.

En primer lugar se detalla el proceso para un pavimento que se va a rebajar o abrillantar en obra. Para ello, se debe proceder siguiendo los pasos que a continuación se exponen:

- Limpieza del pavimento y de las juntas para permitir que se rellenen de lechada.



Imagen 19: Vertido de la lechada

- Preparación de la lechada según instrucciones del proveedor, mezclando el material y el agua hasta obtener una consistencia líquida. Es imprescindible

la perfecta homogeneidad de la lechada. La mezcla se podrá utilizar durante los 30 minutos posteriores a su preparación.

- La extensión de la pasta húmeda se realiza con la ayuda de un rastrillo de goma o similar, para rellenar las juntas y/o cualquier pequeña irregularidad que pudiera existir en la cara vista. Para asegurar que la pasta penetra en todo el espesor de la junta se realizan varias pasadas en todas las direcciones, preferentemente según las diagonales encontradas de las baldosas. Posteriormente se espolvoreará con la pasta seca. Al cabo de aproximadamente dos horas se procederá a la limpieza de la superficie de las baldosas, manteniéndolas húmedas al menos durante 24 horas, para que durante el fraguado y endurecido de la pasta de juntas, ésta no se deshidrate.



Imagen 10: Extendido de la lechada

- Setenta y dos horas después de la colocación, se puede transitar sobre el pavimento (operarios), debiendo esperar 7 días, siempre que el pavimento esté debidamente protegido, para continuar con las labores de construcción (instalación de andamios, paso de carretillas, etc). Transcurrido este tiempo la pasta ya estará suficientemente endurecida para realizar las operaciones de pulido.

Es muy importante la limpieza del pavimento antes de extender la lechada para permitir el relleno de las juntas, sobre todo cuando esta operación se pospone a la colocación, con lo cual el polvo y la suciedad de la propia obra pueden llenar las juntas y los poros e impedir que la lechada penetre en ellos. El efecto protector de la lechada va desapareciendo a medida que circula o trabaja sobre el pavimento.



La operación de sellado de las piezas, en el caso de pavimentos que se rebajen en obra, se repite después de esta operación, como veremos más adelante.

Para pavimentos que únicamente precisen de un sellado, por ejemplo un pavimento exterior, esta operación se realiza en seco. En estos casos se sustituye la lechada por un sellado de las juntas mediante arena seca muy fina u otro material de granulometría similar, capaz de penetrar en las mismas. Los pasos a seguir en este caso son:

- Limpieza de las juntas. Es conveniente homogeneizar el material antes de su utilización.
- Relleno de estas juntas con la arena seca mediante un barrido.
- Eliminación del material que sobra de la superficie de las piezas. Es importante que al eliminar el material sobrante con agua tengamos el cuidado de no vaciar las juntas, ya que el material de relleno de las mismas queda compactado por el propio uso, lo cual quiere decir que en un principio la arena de las juntas puede quitarse fácilmente.

4.8. ACABADO DEL PAVIMENTO EN OBRA

El objetivo de este acabado es eliminar los defectos del pavimento resultantes de su colocación (como son las rebabas entre piezas y los desniveles de la base). Al mismo tiempo, se eliminan los posibles daños producidos a las piezas durante su manipulación y puesta en obra.

El proceso de acabado es gradual y se puede separar en dos fases: pulido y abrillantado.

PULIDO

Consiste en pulir el pavimento en varias pasadas mediante una máquina especial para este fin, la cual consta de unos platos giratorios a los que se acoplan unas muelas abrasivas refrigeradas por agua.

Las muelas suelen estar fabricadas con una mezcla de carborundo y cemento, actuando el primero como abrasivo y el segundo como ligante. Ciertos tipos de muelas utilizan como ligante resinas sintéticas y como abrasivo otros materiales especiales. Las muelas se clasifican, según el tamaño del grano del abrasivo, desde una muela burda de grano entre 36 y 60, hasta una muela de "pulibrillo" (a partir de 220).

Un factor importante a tener en cuenta es la adecuación de la dureza de la muela (dada por el ligante) a la del agregado del terrazo. Así, con un terrazo de agregado duro (granítico, basáltico, algunos mármoles) debe usarse una muela blanda para que su ligante se desgaste rápidamente y permita que actúe el abrasivo. En caso de un terrazo de agregado de poca dureza (calizo y algunos mármoles), debe usarse una



muela dura con el fin de que el ligante no se desgaste con rapidez y el abrasivo no raye el pavimento ni pierda efectividad la muela. La dureza de una muela viene dada por la cantidad de ligante y la edad de la misma.

La fase de pulido consta de los siguientes pasos:

- La eliminación de rebabas o descejado se debe realizar utilizando una muela basta. Su elección depende del tipo de terrazo y el estado en que se encuentre el pavimento (cejas pronunciadas o no, etc) y se utiliza una muela entre 36 y 60.
- El pulido basto tiene como función eliminar los rayados y defectos producidos en el rebaje. Para ello se debe emplear la muela adecuada a tal fin. Si en el rebaje se ha utilizado una muela de grano 36, normalmente se debe pulir con una de grano 80. Si por el contrario se ha utilizado una muela de grano 60 se debe usar una 120.
- A continuación, se debe proceder a una nueva aplicación de lechada siguiendo las instrucciones descritas anteriormente garantizando un período de curado mínimo de 72 horas.
- El segundo pulido consiste en una afinación del pavimento. Se inicia con una muela de grano fino (a partir de 220) y se pueden utilizar tantas muelas como se quiera en función del brillo que se desee (muelas de 400, 800, etc).

Terminada la afinación es conveniente eliminar el lodo producido durante estas operaciones para evitar posibles manchas en el pavimento. Si durante este proceso se observan vacíos, juntas abiertas o descascaramiento se pueden subsanar aplicando localmente, antes del paso de la máquina, la lechada correspondiente.

La protección que lleva incorporada la máquina utilizada no permite que la muela llegue a los bordes del pavimento, por lo que se debe proceder a un pulido de los mismos mediante una pulidora manual, operación que casi siempre se realiza en seco.



Ilustración 37: Muelas a emplear según la fase de acabado

ABRILLANTADO

Es la última operación de acabado que se debe realizar en un pavimento de terrazo de interiores, justo antes de la entrega definitiva de la obra, para evitar posibles desperfectos que deban ser reparados de nuevo.

Una condición indispensable para realizar esta operación es que el pavimento esté completamente exento de cualquier tipo de humedad, ya que al aplicarle los productos brilladores se crea una película impermeable que impide el secado posterior de las baldosas.

El objetivo de esta fase del acabado es proteger de ataques externos al pavimento, pero nunca se subsanan posibles defectos o errores no solucionados durante el rebaje y la afinación. Por lo tanto, la calidad de un brillo depende no sólo de los productos que se utilicen o de las capas que se apliquen, sino también del grado de afinación que se haya conseguido, por ello, se recomienda durante ella pulir con muelas de grano muy fino (220 a 400).

El último tratamiento de acabado depende del aspecto final deseado o el uso al que se vaya a destinar el pavimento. En interiores existen varias soluciones:

- Cristalizado
- Abrillantado por alta velocidad
- Aspecto natural con tratamiento antisuciedad (óleo-hidrorepelente).



El cristalizado es el método tradicional y más comúnmente utilizado y se efectúa sobre el pavimento, completamente seco, mediante la utilización de una maquina de abrillantar con plato de lana de acero o esponja sintética.

Con la utilización de líquidos abrillantadores/ cristalizadores de calidad es preferible la utilización de lana de acero, en otro caso se recomienda utilizar esponja sintética para prevenir la oxidación que las lanas de acero puedan producir. Es importante utilizar una esponja por cada producto que se aplique.

Normalmente se efectúa una primera pasada en seco o con adiciones de "sal de acederas" (sales de cristalizar), con lo que se eliminan los restos de lodo de afinado y de la suciedad propia de la obra.

Es importante la elección del producto de cristalizado dado que en el mercado existen varios tipos, estando la mayoría de ellos basados en el fluorsilicato.

El tipo transparente es el recomendado para obtener cristalizados profundos de alta duración que proporcionan al pavimento un brillo de aspecto cristalino y una buena impermeabilización aunque en su contra tiene la lentitud de su aplicación.

Para evitar este inconveniente existen en el mercado productos de cristalizado con distinto contenido en ceras (azul, rojo y blanco), con mayor rapidez de aplicación pero con efectos más superficiales y en consecuencia menos duraderos.

En la actualidad se está introduciendo en el mercado un cristizador liquido de base perfluorada que presenta grandes ventajas sobre los cristalizadores clásicos (mayor facilidad de aplicación, sin cambio perceptible del tono de la superficie, con mayor duración y propiedades antimancha).

Actualmente se está empleando mucho el abrillantado por alta velocidad en el se utiliza una máquina de brillar, consistente en un plato giratorio al que se le acopla un estropajo de aluminio y que alcanzan 2000rpm, se efectúa una primera pasada en seco o con la adición, normalmente, de una dilución de fosilicato de magnesio para eliminar los restos del lodo de afinación y de la suciedad propia de la obra que se haya podido acumular.

Posteriormente, se procede a efectuar una segunda pasada durante la cual se aplican los líquidos y las ceras de brillado. Es importante que durante esta operación se repartan uniformemente estos líquidos, a fin de que no afecten a la tonalidad de las piezas debido a la diferente concentración de los mismos sobre el pavimento.

Este sistema presenta las ventajas de una mayor rapidez de aplicación sobre el pavimento, mayor durabilidad que los cristalizados convencionales y la recuperación del brillo por simple pasada de máquina.

Cuando lo que se requiere es un acabado natural con propiedades del tipo inensuciable o antimancha, existen tratamientos invisibles de tipo óleo-hidrorepelente

que se aplican sobre el pavimento mediante rodillo o pulverización (preferiblemente con equipos AVBP/ alto volumen, baja presión).

Estos tratamientos proporcionan al pavimento unas especiales propiedades que impiden la aparición de eflorescencias en el pavimento, así como el ensuciado o manchado del mismo.

Su especial campo de aplicación es en los nuevos tipos de pavimento de menor espesor y abillantado en fábrica, pavimentos de tipo industrial o en baños, siendo recomendable su aplicación antes de pintar, ya que con este tratamiento se impide que las gotas de pintura se fijen sobre el pavimento, facilitando en alto grado su limpieza.

En pavimentos exteriores es asimismo, muy recomendable la realización de un tratamiento especial sobre el pavimento que, reavivando el tono de la superficie, impide la formación de eflorescencias, el manchado por grasas o aceites, el pegado de los chicles, etc., al tiempo que impide la formación de polvo y aumenta la resistencia del pavimento a la abrasión.

Este tratamiento se efectúa con productos especiales sobre el pavimento seco, mediante técnicas de rodillo o aplicación con equipos AVBP. Es el tratamiento recomendado para grandes superficies, acerado, andenes, escaleras, etc.

Por último, se debe proteger el acabado de elementos externos, las normas anteriores obligaban a hacerlo con serrín que no destiñera, la norma actual simplemente obliga a protegerlo con cualquier tipo de elemento que no lo dañe ni lo manche. Posteriormente se debe proceder al lavado del pavimento con agua limpia y un jabón neutro; además, se cambia varias veces el agua para que la limpieza sea total, teniendo cuidado de eliminar cualquier residuo de jabón.

Tabla 27: Acabados recomendados de los pavimentos

Zona a pavimentar	Uso	Cara vista recomendada
Viviendas y edificios privados		
Vivienda	Normal	Pulida
Accesos comunes	Intensivo	Pulida
Garajes cubiertos	Industrial	Pulida /lisa sin pulir/rugosa
Centros comerciales		
Tiendas y restaurantes	Intensivo	Pulida con tratamientos impermeabilizantes
Pasillos	Intensivo	Pulida



Garajes	Industrial	Lisa/rugosa
Almacenes	Industrial	Pulida/lisa
Zonas de manipulación de alimentos	Industrial	Pulida con tratamientos impermeabilizantes
Centros de ocio		
Locales comerciales y de restauración	Intensivo	Pulida
Pasillos	Industrial	Pulida
Garajes	Industrial	Lisa/rugosa
Almacenes	Industrial	Pulida/lisa
Zonas de manipulación de alimentos	Industrial	Pulida con tratamientos superficiales
Hoteles		
Habitaciones	Normal	Pulida
Locales de ocio	Intensivo	Pulida
Garajes	Industrial	Lisa/rugosa
Almacenes	Industrial	Pulida/lisa
Zonas de manipulación de alimentos	Industrial	Pulida con tratamientos superficiales
Colegios y cuarteles		
Aulas	Intensivo	Pulida
Zonas comunes	Intensivo	Pulida
Comedores	Intensivo	Pulida
Zonas de servicios	Intensivo	Pulida
Zonas de manipulación de alimentos	Industrial	Pulida con tratamientos superficiales
Garajes	Industrial	Lisa/rugosa
Hospitales		
Habitaciones de pacientes	Normal	Pulida
Salas de espera y pasillos	Intensivo	Pulida
Zonas de almacenamiento	Industrial	Pulida/lisa
Zonas de manipulación de alimentos	Industrial	Pulida con tratamientos superficiales
Garajes	Industrial	Lisa/rugosa



Centros de transporte		
Tiendas y restauración	Intensivo	Pulida
Zonas comunes	Intensivo	Pulida
Zonas de almacenamiento	Industrial	Pulida/lisa
Zonas de servicio	Intensivo	Pulida
Andenes cubiertos	Industrial	Lisa/rugosa
Centros deportivos		
Tiendas y restauración	Intensivo	Pulida
Pasillos y zonas comunes	Intensivo	Pulida
Oficinas	Intensivo	Pulida
Naves industriales y talleres		
Oficinas	Intensivo	Pulida
Almacenes	Industrial	Pulida/lisa
Garajes	Industrial	Lisa/rugosa

4.9. MANTENIMIENTO

Antes de realizar cualquier tratamiento de limpieza se eliminarán mediante un barrido de la zona, el polvo y la suciedad superficial. A continuación y dependiendo del tratamiento previo que se haya proporcionado al pavimento, se procederá como sigue.

PAVIMENTO INTERIOR

Mantenimiento diario: Normalmente bastará con una pasada en seco de una mopa impregnada de un producto antiestático (captapolvero). De ser necesario puede efectuarse un lavado en húmedo con agua y un detergente neutro sin residuo. En el caso de pavimentos "cristalizados", es útil el uso de un producto de tipo lavicera de carácter antideslizante.

Mantenimiento intensivo: En este apartado habrá que distinguir la modalidad de mantenimiento en función del tipo de tratamiento previo efectuado en el pavimento.

En el caso de superficies pulidas enceradas o cristalizadas, en función de la pérdida de brillo sufrida por el uso del pavimento es recomendable la realización de un mantenimiento del tipo siguiente.

- Decapar las viejas capas de cera con agua y un producto detergente especial (con base amoniacal y solvente).



- Aclarar con agua hasta eliminar los residuos.
- Sobre el pavimento ligeramente húmedo extender uniformemente el producto abrillantador y dejar secar.
- Una vez esté seca la superficie, abrillantarla homogéneamente con máquina enceradora o mediante paño de lana o similar, limpio y seco.

En las superficies "cristalizadas", dependiendo del uso al que se somete el pavimento, es recomendable aplicar periódicamente un abrillantado mecánico que permita devolver a la superficie su aspecto original. El proceso a seguir es como sigue:

- Barrido en seco de la superficie.
- Lavado de la superficie del pavimento.
- Aplicación del producto cristizador utilizando una máquina abrillantadora con disco de lana de acero o similar.
- Dejar secar la superficie y a continuación abrillantar uniformemente con un disco de fieltro de lana o similar hasta conseguir el brillo deseado.

En las superficies con tratamiento mediante alta velocidad será suficiente un barrido en seco seguido de una pasada de máquina de alta velocidad con disco blanco o beige para restablecer por completo el brillo original. En pavimentos con tratamientos antimancha será suficiente el barrido en húmedo (manual o con máquina) con productos detergentes alcalinos de carácter no iónico.

PAVIMENTO EXTERIOR

Limpieza normal: Habitualmente la limpieza del pavimento de uso exterior se realizará mediante un barrido o lavado del mismo, ya sea en forma manual o mecánica.

Limpieza intensiva: En pavimentos cuya cara vista no se haya protegido superficialmente con tratamientos específicos, en función de las incrustaciones y la suciedad que presente la superficie se procederá a la limpieza de la misma mediante el empleo de un detergente alcalino no iónico de base amina y con ayuda preferiblemente de agua a presión o mediante barredora provista de cepillo de carburo de silicio o disco negro. En pavimentos tratados, la limpieza se realiza con mayor facilidad, normalmente sólo con la ayuda de hidrolimpiadora.

Limpieza especial: En limpiezas de final de obra o sobre pavimentos no tratados con manchas de distintos tipos (óxidos, grasas, café, vino, colas, aceites, pintadas, etc.) puede ser necesario, en ocasiones, proceder de formas distintas para solucionar y eliminar las distintas problemáticas existentes.

Para el caso de final de obra, normalmente con suciedades producidas por lechada, escayolas, gotas de pintura, etc., se trabaja con productos de limpieza de carácter no



iónico, pH ácido y que en su composición contengan inhibidores de corrosión (muy importante para no perjudicar al material ni a las instalaciones de alrededor).

Se trabaja preferiblemente con disco negro y es necesario varios enjuagues con agua para eliminar los restos de detergente. En el caso de pavimentos sin tratar, con el uso pueden presentarse distintas clases de suciedades de difícil eliminación y que para la limpieza de las mismas deben utilizarse métodos diferentes.

En el caso de manchas de óxido en superficie estas son eliminadas mediante aplicación de productos ácidos de base fosfórica y fuerte poder dispersante que deben ser inmediatamente enjuagados con agua. Si las manchas de óxido están fuertemente penetradas en el pavimento el procedimiento de limpieza será mediante lavado reductor en medio alcalino con los productos adecuados.

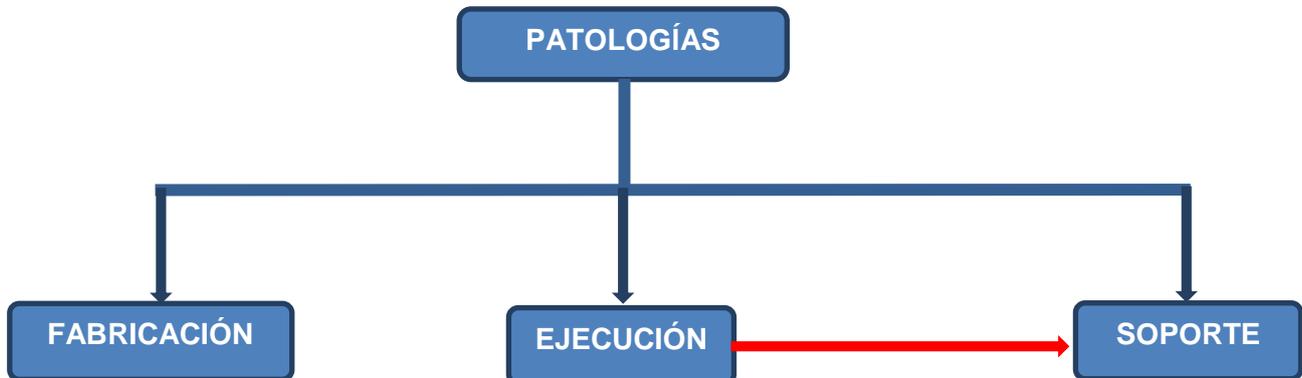
Cuando se trate de manchas de origen graso fuertemente penetradas, la eliminación, se efectúa por la aplicación, localizada de productos alcalino-solventes de gran poder humectante, normalmente en forma de gel, que extraen la mancha y son eliminados por agua.

En el caso de manchas de origen pigmentario tales como vino tinto o tintas muy penetradas, la eliminación se efectúa con aplicación de productos binarios compuestos por un detergente y un producto oxidante con aplicación localizada y eliminación con agua.

En caso de pintadas o graffitis la eliminación se efectúa por aplicación de un producto disolvente y eliminación posterior con hidrolimpiadora de agua caliente, seguida por la aplicación de un eliminador de sombras (en el caso de pintadas muy penetradas) y eliminación asimismo con hidrolimpiadora de agua caliente.

Todas las circunstancias anteriores pueden ser obviadas con la aplicación de un tratamiento oleohidro-repelente adecuado sobre el pavimento.

5. PATOLOGÍAS



5.1. PATOLOGÍAS DEL PRODUCTO

Se han comentado en el apartado de dosificación, las únicas patologías propias de las baldosas son pequeños desperfectos en su superficie que pueden disimularse con el rejuntado, el resto que son las más graves no tienen más solución que el cambio de las baldosas, todo ello debe prevenirse con un buen control de calidad en la recepción de obra, sobretodo para aquellas baldosas que no se hayan sometido a tratamientos secundarios. En este apartado simplemente vamos a numerar las diferentes patologías y sus causas como recordatorio:

Baja resistencia por mala dosificación:

- exceso de impalpables.
- baja calidad del mortero.

Fisuras en la baldosa:

- agregados de tamaño inadecuado o demasiada cantidad.
- exceso de cemento o mal curado.

Cambios en la coloración de la baldosa:

- exceso de polvo de mármol.
- mala calidad de los pigmentos.

Defectos dimensionales: producidos durante la fabricación, no tienen nada que ver con la dosificación, se producen por la pérdida de agua o por un mal mantenimiento de la maquinaria.



Desgaste excesivo: se produce sobretodo en pavimentos de uso intensivo o industrial, donde se usan áridos marmóreos de alta resistencia de origen basáltico o granítico, en ellos se recomiendan áridos entre 2 y 7mm para uso intensivo y entre 3 y 7mm para uso industrial, debiendo tener en cuenta que cuanto más pequeño es el árido mayor superficie específica a cubrir y mayores cantidades de cemento se necesitan para asegurar el monolitismo, si la mezcla es pobre en cemento el desgaste es más acentuado, dejando los áridos sueltos.

En aquellos casos en los que el roce del uso es la causa principal de las erosiones mecánicas en baldosas. La solución puede ser una abrasión controlada de toda la zona hasta conseguir unificar la superficie e igualar el aspecto (mediante máquinas pulidoras, cepillado mecánico o incluso manual).

5.2. PATOLOGÍAS DE EJECUCIÓN

Las patologías causadas por la ejecución suelen ser eflorescencias, desprendimientos, fisuras y erosión mecánica.

.Las eflorescencias aparecen por la presencia de humedad ya que el agua diluye las sales solubles presentes en las baldosas apareciendo en el exterior en forma de manchas blancas, no es muy preocupante porque desaparece con el tránsito de peatones o en el caso de pavimentos acabados en obra con un pulido, pero tener que volver a una obra para esto lo hace especialmente molesto. La humedad de obra es decir la que proviene como consecuencia de la ejecución de la misma tiene especial importancia en los pavimentos de interior, además de ser especialmente común hoy en día por los ritmos a los que se construye, es una causa de varios problemas que siempre me he encontrado, es importante tener en cuenta que cada proceso constructivo requiere su tiempo, el cual no siempre se respeta, y que como buena práctica constructiva deberíamos cerrar el paso del agua a un edificio lo antes posible, puesto que es normal que con este tipo de pavimentos se ejecute mucho antes el suelo que la fachada de forma que puedan pasar semanas antes de comenzar a cerrar el edificio. Debemos anular la humedad que produce la disolución de la sal o, en caso de que ello no sea posible, sustituir las baldosas por otras no eflorescibles. También podemos encontrarnos que esta humedad al alterar el cemento y producir un empuje continuo tienda a separar las baldosas del soporte y más normalmente a manchar las juntas del pavimento por las que escapa la humedad.

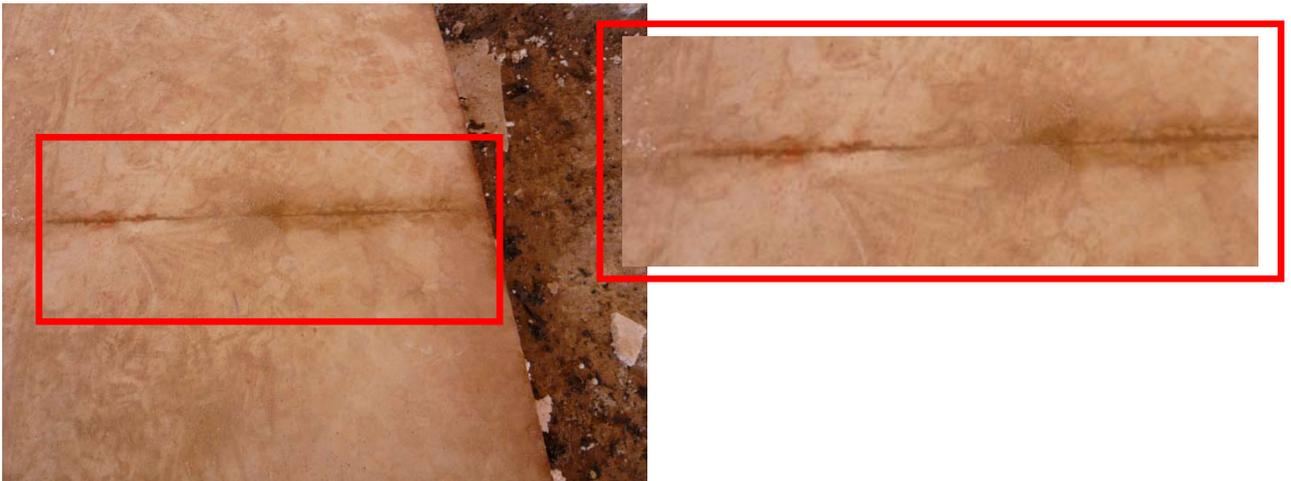


Imagen 11: Ejemplo de humedades en un pavimento recién pulido (aunque no se aprecie apareció ceja debido a la humedad)

En este apartado debemos hablar también de la falta de previsión en cuanto a la humedad de filtración en pavimentos que apoyen sobre el terreno, en este caso siempre debe interponerse una barrera impermeable, ya que de no ser así se producirán eflorescencias y lo que es peor como efecto de la dilatación de las sales o de otros elementos orgánicos podría producir desprendimientos del suelo.

Básicamente se basan en errores a la hora de definir espesores de la base de apoyo del pavimento, el error a la hora de valorar el uso del pavimento y sobretodo la carencia de definición de juntas de contracción en proyecto, que deberían estar especificadas en plano junto con un detalle de la junta, y que sin embargo nunca he visto, también es importante diseñar un pavimento que tenga una capa intermedia separándolo del soporte. En el apartado de ejecución ya se han comentado entre otras los factores a tener en cuenta y como afectan al total del sistema constructivo.

Las juntas de dilatación y las juntas de contracción o alabeo deben ir reflejadas en el plano. En interiores donde se produzcan variaciones térmicas considerables, puede ser conveniente introducir juntas de retracción a base de pletinas de aluminio o latón clavadas en la capa de agarre con modulaciones entre 3 y 5 metros de forma que formen paños no superiores a 40m². De la misma manera la falta de juntas en pavimentos al exterior es la causa del levantamiento de las piezas. En ambos casos la única solución es introducir las juntas necesarias, para ello tendremos que levantar el pavimento en las zonas donde sea necesario, también es interesante asegurarnos de que el pavimento no esté directamente colocado sobre el soporte, ya que en ese caso no sería capaz de absorber los movimientos producidos por las variaciones térmicas.

Si bien es cierto que en pavimentos de hormigón no existen retracciones importantes siempre es mejor prevenir, ya que se han dado diversos casos, aunque todos ellos por cambios importantes de temperatura.

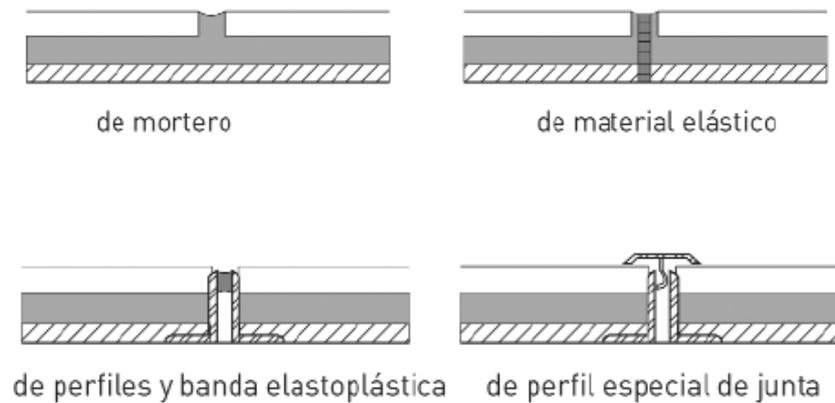


Ilustración 38: Ejemplos de juntas de contracción

Los desprendimientos por compresión de la capa de agarre ocurren cuando ésta es mecánicamente débil, por pobreza del mortero, y la capa de reparto es poco uniforme. El efecto suele ser un asiento diferencial de las baldosas y su desprendimiento. La experiencia en obra me dice que esto es más habitual en pavimentos colocados al tendido.

Si el fallo es generalizado, no queda más solución que rehacer el pavimento. Si tras estudiar la lesión, se concluye que su alcance es puntual, se repondrán las piezas afectadas y las de su entorno.

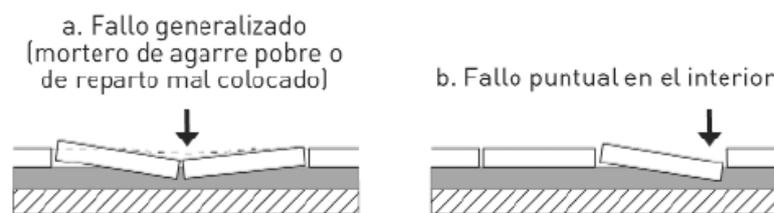


Ilustración 39: Compresión puntual en la capa de agarre

Nunca debe dejarse el borde de la baldosa desprotegido, dado que es en este punto donde se producen más fallos puntuales de este tipo, provocados por errores en la ejecución, pérdida de la capa de reparto o punzonamiento de la de agarre. Cualquier exceso de presión vertical en el mismo superará la capacidad de la capa de agarre provocando fisuras en el pavimento. En este caso, se repondrán las baldosas de borde, reforzando éste con piezas especiales (perfiles metálicos o bordillos) que contengan la compresión lateral.

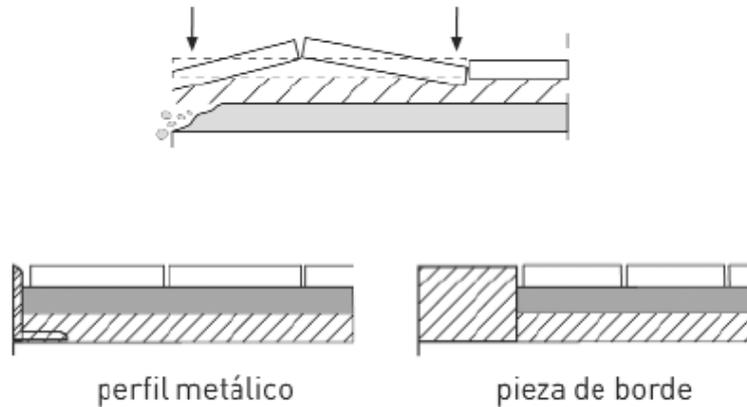


Ilustración 40: Fallo puntual en borde y forma de prevenirlo

También se han comentado los problemas de no respetar las juntas un problema muy común en obra es la junta de contracción en el encuentro con los tabiques, ya que es habitual que el colocador no respete los 5mm que deben dejarse como junta, en este caso nos encontraremos con que la junta se abre en sentido longitudinal a la pared, debido a los movimientos del propio pavimento, no tenemos más remedio que rehacer toda esa zona respetando la junta. En la imagen se puede ver un caso de este tipo de patología aunque en este caso no sea demasiado exagerado.



Imagen 12: Junta abierta debido a una insuficiente junta perimetral

En pavimentos exteriores en los que está prevista la colocación de algún tipo de planta es importante conocer el tipo de raíces por la erosión que son capaces de producir, en caso de tener una rotura del pavimento por un tipo de planta tenemos dos opciones o bien se escoge otra especie con menos fuerza, o bien se prepara un cantero o perímetro adecuado de tierra para absorber las deformaciones más inmediatas.

5.3. PATOLOGÍAS DEL SOPORTE CONSTRUCTIVO

Las patologías causadas por la ejecución suelen ser eflorescencias, desprendimientos, fisuras y erosión mecánica.

En el caso de errores en los espesores de la base de apoyo, lo que ocurrirá será que se producirán asientos diferenciales por la rotura del terreno, ello lo veremos plasmado en el pavimento, porque se formarán escalones e incluso socavones si son problemas puntuales. La única forma de arreglarlo es levantar el pavimento y estabilizar el terreno adecuadamente.

Resulta de vital importancia en aquellos pavimentos que se realizan sobre explanada realizar previamente una compactación y nivelación de la misma, ya que de no hacerse la plasticidad del terreno y la flexibilidad del pavimento puede producir deformaciones en el mismo, lo cual nos obliga inevitablemente a su reposición total.

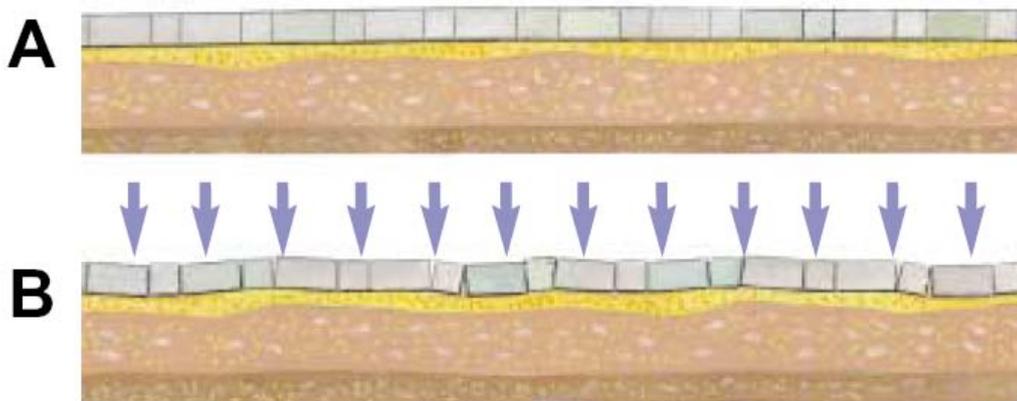


Ilustración 41: Deformaciones producidas por la falta de una compactación previa

El principal elemento externo que produce más patologías en un pavimento es una estructura defectuosa y los principales problemas que presenta son fisuras e incluso la rotura del pavimento.

Si se trata de movimientos introducidos por flechas de la estructura de forjados, la fisuración aparecerá en las juntas, sobre todo en ausencia de capa de reparto. Si existe, la rotura suele concentrarse en la unión baldosa-mortero. La reparación se centrará primeramente en anular la causa original, reforzando la inercia del forjado para reducir la dimensión de la flecha por debajo de los 10mm en valor absoluto.

Si la fisura se ha abierto en las juntas y de forma lineal, puede procederse simplemente a sellarla. Si se ha producido la rotura del pavimento, simplemente hay que cambiar las baldosas afectadas en una zona tan amplia como sea necesaria. Preferentemente, sobre todo si actuamos sobre áreas extensas, deberemos prever la colocación de capa de reparto y de agarre.

Los movimientos de las juntas de dilatación de la estructura son también causa frecuente de desprendimientos y roturas. Este caso se presenta cuando se realiza un pavimento continuo sobre una junta que, al moverse, produce la rotura de las baldosas. En este caso, la única solución es rehacer el pavimento en el entorno de la junta.

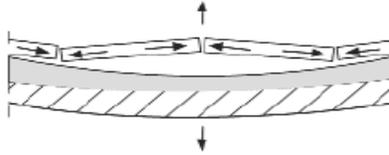


Ilustración 42: Efectos sobre el pavimento debido a una flecha excesiva del soporte

En la imagen se puede observar los efectos de una patología en el pavimento a consecuencia de un defecto estructural lo cual ha provocado no sólo la apertura de juntas sino también la fisura en buena parte de las baldosas.



Imagen 13: Ejemplo real de patología por un exceso de flecha

6. CONCLUSIONES

Como conclusiones:

1. Destacaré la importancia de conocer el material en sí, ya que eso nos enseña entre otras cosas como usarlo correctamente y que problemas nos puede causar con el tiempo (por ejemplo a mí personalmente nunca me ha funcionado correctamente la colocación a la tendida, aunque actualmente es el sistema más extendido debido a sus altos rendimientos)
2. La importancia de documentarse en cuanto a ejecución, y con ello me refiero a los diferentes casos que se nos pueden presentar y los materiales y soluciones adecuados para cada uno, ya que en los pocos años que llevo en obra he podido comprobar, como muchas veces los sistemas constructivos más tradicionales a menudo no son objeto de demasiada atención, hasta el punto de existir omisiones importantes en el proyecto como la localización de las juntas del pavimento.
3. Muy ligado a los anteriores conocer los materiales más adecuados para cada sistema constructivo en función de su uso y de su localización. Un claro ejemplo es el uso de los distintos tipos de arenas que se pueden llegar a usar a lo largo de una obra.
4. Hay que tener en cuenta que en la mayoría de los materiales aunque no dispongan de un sello de calidad que nos exime de ensayos puede ser recomendable realizar ensayos de calidad aumentando el tamaño de lote, e incluso realizar ensayos que no estén en las normas si lo creemos adecuado (por ejemplo una prueba de florescencias en un terrazo de interiores).
5. Es muy importante (por experiencia empírica), respetar los tiempos necesarios para cada fase de la obra y tenerlos claros desde un principio mediante la documentación y la investigación, algo que en los años de más demanda en el sector de la construcción no se ha hecho tanto como debiera.
6. Se debe tener muy en cuenta la normativa vigente a la hora de ejecutar la obra. Por ejemplo ya que el CTE nos obliga a controlar el deslizamiento, en aquellos casos en los que el acabado se hace en obra es mejor realizarlo sobre muestras acabadas y tomar los datos para luego hacer toda la obra igual, que no hacer toda la obra y acabar con un resultado negativo que nos obligue a tratar todo el pavimento de toda la obra con sus gastos.
7. Recalcar que con la aparición de nuevas normas UNE se echa de menos una clasificación más concreta a la hora de definir los tipos de baldosas como se hacía en normas anteriores, y que nos pudiera servir a los técnicos como prontuario a la hora de elegir el material más adecuado a nuestra obra.

BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones y revistas

Carrasco Ortiz, Sergio, *Manual del terrazo: fabricación, proyecto, puesta en obra*. UPV 1992

AA.VV., *Guía de la baldosa de terrazo*. Instituto valenciano de la edificación 2010.

AA.VV., *Guía del terrazo: proyecto, puesta en obra y control de calidad*. Barcelona. CEMEX 2002.

AA.VV., *Manual técnico Tecnopavimento*. Madrid. Asociación tecnológica de fabricantes de losas y baldosas de hormigón 2003.

Broto, Carles. *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. Barcelona, Links, 2005

Monjo, J., *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 1997

AA.VV., “ACUASAFE, resbaladidad de pavimentos para pie descalzo”, Instituto de biomecánica de Valencia. Revista de biomecánica núm. 52, 2010, pp 27-52

NORMATIVA PAVIMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Adoquines de hormigón

UNE EN 1338:2004 Adoquines de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE EN 1338:2004/AC:2006 Adoquines de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE 127338:2007 Propiedades y condiciones de suministro y recepción de los adoquines de hormigón.

Complemento nacional a la Norma UNE EN 1338.

Baldosas de hormigón

UNE EN 1339:2004 Baldosas de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE EN 1339:2004/AC:2006 Baldosas de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE 127339:2007 Propiedades y condiciones de suministro y recepción de las baldosas de hormigón.

Complemento nacional a la Norma UNE EN 1338.

Baldosas de terrazo para uso exterior

UNE EN 13748-2:2005 Baldosas de terrazo para uso exterior.

UNE 127748-2:2006 Baldosas de terrazo. Parte 2: Baldosas de terrazo para uso exterior.

Complemento nacional a la Norma UNE-EN 13748-2.

Baldosas de terrazo para uso interior

UNE EN 13748-1:2005 Baldosas de terrazo para uso interior.

UNE EN 13748-1:2005 ERRATUM 2005 Baldosas de terrazo para uso interior.

UNE 127748-1:2006 Baldosas de terrazo. Parte 1: Baldosas de terrazo para uso interior.

Complemento nacional a la Norma UNE-EN 13748-1.

UNE 127748-1:2006 ERRATUM:2008 Baldosas de terrazo. Parte 1: Baldosas de terrazo para uso interior.

Complemento nacional a la Norma UNE-EN 13748-1.

NORMATIVA MATERIAS PRIMAS

CEMENTO

UNE-EN 196-1:2005 Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: determinación de resistencias mecánicas

UNE-EN 196-2:1996 Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: análisis químico de cementos

UNE-EN 196-3:1996 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen

ÁRIDOS

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

UNE-EN 933-1/A1: 2004 PARTE 1: determinación de la granulometría de las partículas. métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2: 1996 PARTE 2: determinación de la granulometría de las partículas. tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3/A1: 2004 PARTE 3: determinación de la forma de las partículas. índice de lajas.

UNE-EN 933-4: 2000 PARTE 4: determinación de la forma de las partículas. coeficiente de forma.

UNE-EN 933-5: 1999 PARTE 5: determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-6: 2002 PARTE 6: evaluación de las características superficiales, coeficiente de flujo de los áridos.

UNE-EN 933-7: 1999 PARTE 7: determinación del contenido en conchas. porcentaje de conchas de los áridos gruesos.

UNE-EN 933-8: 2000 PARTE 8: evaluación de los finos. ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9: 1999 PARTE 9: evaluación de los finos. ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 933-10: 2001 PARTE 10: evaluación de los finos. granulometría de los fillers (tamizado en corriente de aire).

UNE 7135: 1958 determinación del finos en aridos utilizados para la fabricacion de hormigones.

UNE 7238: 1971 determinación del coeficiente de forma del arido grueso empleado en la fabricacion de hormigones.

UNE 7295: 1976 determinación del contenido, tamaño máximo característico y módulo granulométrico del arido grueso en el hormigón fresco.

PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS

UNE-EN 1097-1/A1: 2004 PARTE 1: determinación de la resistencia al desgaste (micro-deval).

UNE-EN 1097-2: 1999 PARTE 2: métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-3: 1999 PARTE 3: determinación de la densidad aparente y la porosidad.

UNE-EN 1097-4: 2000 PARTE 4: determinación de la porosidad del filler seco compactado.

UNE-EN 1097-5: 2000 PARTE 5: determinación del contenido en agua por secado en estufa.

UNE-EN 1097-6: 2001 PARTE 6: determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 1097-7: 2000 PARTE 7: determinación de la densidad real del filler. método del picnómetro.

UNE-EN 1097-8: 2000 PARTE 8: determinación del coeficiente de pulimento acelerado.

UNE-EN 1097-9: 1999 PARTE 9: determinación de la resistencia al desgaste por abrasión por neumático claveteado. ensayo nórdico.

UNE-EN 1097-10: 2004 PARTE 10: determinación de la altura de succión de agua.

AGUA

UNE 7130:1958 Determinación del contenido total de sustancias solubles en aguas para amasado de hormigones.

UNE 7131:1958 Determinación del contenido total de sulfatos en aguas de amasado para Morteros y Hormigones

UNE 7132:1958 Determinación cualitativa de hidratos de carbono en aguas de Amasado para Morteros y Hormigones

UNE 7178:1960 Determinación de la acidez de aguas destinadas al amasado de Morteros y Hormigones, expresada por su pH.



UNE 7234:1971 Determinación de la acidez de aguas destinadas al amasado de Morteros y Hormigones, expresada por su pH.

MARMOLINA Y PIGMENTOS

UNE-EN 451-1:1995. Métodos de ensayo de Cenizas Volantes. Parte 1: Determinación del óxido de Calcio Libre.

UNE-EN 451-2:1995: Métodos de ensayo de cenizas volantes. Parte 2: determinación de la finura por tamizado en húmedo

PÁGINAS WEB

www.ntma.com

www.construmatica.es