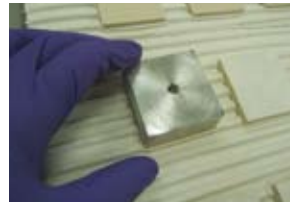


**3****Los materiales de agarre y rejuntado****1**

Página 138

**Introducción****2**

Página 139

**Los morteros de cemento/cal****3**

Página 142

**La adherencia****4**

Página 145

**Clasificación, codificación y características de los adhesivos según norma UNE-EN 12004****5**

Página 149

**La deformabilidad de los adhesivos cementosos según UNE-EN****6**

Página 150

**Criterios para la selección del adhesivo****7**

Página 159

**Preparación y aplicación de los adhesivos****8**

Página 164

**Las juntas de colocación y los materiales de rejuntado****9**

Página 168

**La norma UNE-EN 13888****10**

Página 172

**Criterios para la selección del material de rejuntado****11**

Página 175

**Preparación y aplicación de los materiales de rejuntado**

# 1

## Introducción

El método tradicional de colocación de baldosas, tanto en alicatados como en solados, ha consistido en la utilización de morteros de cemento o morteros de cemento y cal. Técnica que deriva del empleo de morteros de cal para recibir diversos elementos constructivos, entre ellos las antiguas baldosas o mosaicos a modo de recubrimiento de superficies arquitectónicas.

La sustitución de la cal por el cemento como aglomerante, desde mediados del siglo XIX, constituye la base de desarrollo de la tecnología constructiva posterior. El cemento aportó mayores resistencias, pero también menor deformabilidad de los materiales de unión. La rigidez y también la contracción de todos los materiales en base cemento durante el proceso de maduración o fraguado (**retracción**) pasarán a constituir serios problemas en la edificación (“patologías de la construcción”).



En el caso de la colocación de baldosas cerámicas se ha evolucionado desde productos muy porosos y superficies de colocación estables y bien texturadas, hacia baldosas poco o nada absorbentes, superficies inestables y, en algunos casos, incompatibles con el tipo de adherencia que se consigue con el aglomerante cemento o cemento/cal. Además, el aumento del tamaño de las baldosas ha repercutido en los esfuerzos a que está sometido el recubrimiento cerámico debido a la inestabilidad de los elementos constructivos, sus movimientos naturales y la retracción de los morteros cementosos durante su proceso de maduración.



*Evolución de los materiales de recubrimiento*

Con las primeras formulaciones de morteros y hormigones modificados con látex natural (1923-1924) se abre un nuevo campo para la tecnología constructiva, donde ya es posible optimizar las características tecnológicas finales y mejorar también las propiedades en fresco de los materiales.

Muchos años después se comercializarán los primeros adhesivos para la colocación de materiales rígidos modulares. Actualmente, la norma UNE-EN 12004 contempla las características tecnológicas de unos materiales de agarre cuya composición y comportamiento se diferencian mucho de los morteros tradicionales.

El profesional Alicatador Solador debe conocer todos los materiales disponibles para la colocación de todo tipo de baldosas y debe tener criterio para seleccionar el material de agarre más idóneo en función de variables como:

- › Porosidad, tamaño y relieve del reverso de las baldosas.
- › Estabilidad del soporte estructural y características de la superficie de colocación.
- › Condiciones ambientales, en la instalación y a lo largo de la vida útil del recubrimiento.
- › Condiciones de uso del propio recubrimiento y esfuerzos a que estará sometido.

Por otra parte, aunque más tardía y lentamente, también los materiales para el relleno de las juntas de colocación entre baldosas **han evolucionado, pues esta discontinuidad intrínseca ha de tratarse con el mismo rigor que el resto del recubrimiento cerámico.**

El desarrollo de materiales de rejuntado especializados ha experimentado una gran evolución apreciable en muchos países de forma generalizada mediados de los años '90. Consecuencia de ello es la publicación de la norma europea UNE-EN 13888 sobre materiales de rejuntado, así como una oferta actual muy amplia y diversificada. El alicatador solador debe conocer dicha norma y la oferta de materiales para poder seleccionar adecuadamente los materiales y utilizarlos correctamente por su protagonismo en el acabado de calidad y durabilidad de un recubrimiento cerámico.

# 2

## Los morteros de cemento/cal

Un **mortero** es una mezcla de uno o varios conglomerantes o aglomerantes (normalmente el cemento y/o la cal), un árido (habitualmente la arena) y agua, que se aplica en forma de pasta para diferentes fines (enfoscados, soleras, capas de nivelación), y como material de agarre entre dos superficies. Opcionalmente pueden incorporar otros componentes denominados por lo general aditivos (si son minoritarios y de naturaleza orgánica) o adiciones (si son inorgánicos).

En los morteros a base de cemento o de cemento y cal el endurecimiento en las primeras semanas se produce, principal y mayoritariamente por **hidratación** del conglomerante de ahí que se llamen también **morteros hidráulicos**. (ver punto 2.1 del módulo anterior de soportes).

Esa hidratación del conglomerante es la que produce su cohesión, así como la trabazón entre éste y el árido, confiriendo la resistencia mecánica al mortero endurecido, medida habitualmente a través de la resistencia a la compresión. Esta trabazón se puede producir también con elementos o superficies ajenos al propio mortero que se mantuvieran en contacto con el conglomerante durante su proceso de hidratación. Este fenómeno es el principio de la **adhesión tradicional (mecánica)** de los morteros.

La colocación tradicional se ha basado en morteros de cal o de cal y cemento, preparados en el lugar de la colocación por los propios Alicatadores-Soladores. En esas composiciones hay que conjugar una buena **trabajabilidad** del mortero fresco, una **mínima retracción** (contracción de secado y endurecimiento) y una buena **adherencia mecánica** y **durabilidad** después del endurecimiento. El buen Alicatador-Solador, con las materias primas disponibles, ha sabido alcanzar composiciones con todos estos requisitos. A esas composiciones les llamamos **morteros de receta**.



Actualmente la industrialización ha desplazado parte de los morteros de receta por **morteros industriales** premezclados, que se vienen empleando para los mismos fines. En el caso de los Alicatadores-Soladores por un lado para la ejecución y regularización de soportes, como se ha visto en el módulo correspondiente, y por otro lado para la colocación de revestimientos con las técnicas de capa gruesa.

## 2.1

### Los morteros de receta

Estas composiciones siempre son experimentadas localmente y presentan un comportamiento muy variable, influenciado fuertemente por las características concretas de cada árido empleado. Por estos motivos no suelen incluirse en ninguna normativa. A pesar ello, y de la complejidad de la composición y el comportamiento de un mortero, el Alicatador-Solador debe conocer algunas indicaciones orientativas para la formulación en el lugar de trabajo de los morteros para la colocación en capa gruesa.

**Cemento** Seleccionaremos siempre cemento Portland (**CEM I**) o Portland Compuesto (**CEM II/...**, cualquiera de los subtipos) de la menor clase resistente (**32,5 MPa**) sin elevada resistencia inicial (**N**, resistencia inicial ordinaria). Por ejemplo, según la designación establecida por la norma UNE-EN 197-1:2000:

- › Cemento Portland EN 197-1 – CEM I 32,5 N
- › Cemento Portland con caliza EN 197-1 – CEM II/B-L 32,5 N
- › Cemento Portland con caliza EN 197-1 – CEM II/B-LL 32,5 N



**Cal** La cal es un componente importante, por no decir esencial, en la formulación de morteros para alicatado y solado. Las cales aportan resistencia mecánica y *deformabilidad* (menos rigidez que el mortero de cemento). Se utilizará cal aérea apagada (preferiblemente de elevado contenido en óxidos de cal y/o magnesio, como CL 90-S) o cales hidráulicas en alguna de sus variedades (preferiblemente de la menor resistencia a compresión como HL 2, NHL 2 o NHL 2-Z). La cal suministrada en sacos, con la codificación contemplada en UNE-EN 459-1:2002, debe almacenarse en lugar seco y sin corrientes de aire (para evitar la carbonatación).



**Arena** La arena será preferiblemente silíceas y siempre de distribución granulométrica equilibrada y continua, en general entre los tamaños 0 y 4 mm. Según la norma UNE-EN 13139:2003 nos referimos a arenas **MP**, en las que entre el 30-70% en masa pasa por el tamiz medio de 0,5 mm. Salvo situaciones concretas y razonadas no deben utilizarse arenas marinas por la aportación indeseable de cloruros.

Por lo que respecta a la granulometría, una arena en la que pase el 70% por el tamiz de 0,5 puede ser más apropiada para una colocación “a la valenciana” en la que estemos realizando espesores de 15-20 mm, mientras una arena en la que pase sólo el 30% por dicho tamiz será más apropiada para una colocación “al tendido” y espesores de mortero de 30-35 mm. También el tamaño máximo de árido debe ajustarse a la aplicación concreta a realizar. En el primer caso sería perfectamente indicado emplear un tamaño de árido 0/3, mientras que aumentamos excesivamente los riesgos de una retracción inadmisibles si empleamos un árido 0/2 y unos espesores de mortero de 20-30 mm. De forma análoga en el segundo caso (“al tendido” y espesores de 30-35 mm) sería conveniente utilizar un árido 0/6, o incluso 0/8, algo que pasa a ser prácticamente una necesidad si las capas de mortero alcanzan espesores del orden de los 50 mm.



Diferentes tipos de áridos  
Imágenes Roberto Voltolini

La trabajabilidad y los requisitos en fresco de un mortero para colocación en vertical son muy diferentes respecto a los de un mortero para colocación en suelos. Si tenemos una dosificación de cemento y una relación A/C más o menos fijas, y razonables, esta trabajabilidad depende completamente del árido empleado. Para lograr la trabajabilidad adecuada, suele ser necesario el empleo de una mezcla de al menos dos arenas distintas, en diferentes proporciones según las características concretas de cada arena y del trabajo a realizar.

En general las mezclas se realizan entre **arenas trituradas** (de machaqueo), normalmente lavadas con un bajo contenido en finos y sin arcillas, y **arenas sedimentarias**, más plásticas. Con las primeras obtendremos morteros más sueltos, menos cohesivos y plásticos, que se despegan con facilidad y limpiamente de herramientas y otras superficies deslizándose sobre ellas.

La arena también contribuye al empaquetamiento de las partículas del mortero, con influencia directa en las resistencias mecánicas y químicas finales

**Agua** Emplear **agua potable** para el amasado es un medio fiable de asegurar su idoneidad. Sin conocer las características de la arena no podemos cuantificar la dosis de agua para cada formulación. En general, las relaciones agua/cemento se refieren a composiciones normalizadas, con áridos silíceos lavados y secos; por ejemplo, relación agua/cemento de **0,55-0,60** ( $\approx 27,5$  l por saco de cemento de 50 Kg) para mortero semiseco destinado a solado al tendido.

En la formulación de morteros de receta el Alicatador Solador debe ensayar composiciones siguiendo las siguientes pautas:

- › Utilizar la menor cantidad posible de agua que asegure la trabajabilidad adecuada: un exceso de agua conlleva un exceso de retracción y fisuración.
- › La mezcla de diferentes tipos de **arenas** permitirá fijar también la trabajabilidad sin tener que aumentar la cantidad de agua o recurrir a incrementar el conglomerante en la composición. Es un gran error, añadir más cemento en un mortero para conseguir aplicarlo con más comodidad. Esto provoca mayor retracción y mayor rigidez final.
- › En el caso de que tengamos que modificar la composición, es mejor recurrir a **aditivos** orgánicos que mejoren la retención de agua y la trabajabilidad, sin afectar negativamente a propiedades finales como la rigidez o la retracción.
- › Es muy aconsejable experimentar composiciones en las que pueda sustituirse, al menos parcialmente, el cemento por la **cal** como conglomerante para disminuir la rigidez del mortero.



A continuación se aporta un cuadro de composiciones de morteros de receta para diferentes usos, dentro de la colocación de recubrimientos cerámicos. Estas composiciones se utilizan en algunas comarcas de la Comunidad Valenciana. Hay que resaltar que se dan variaciones en función de la provisión de arenas trituradas y de mina, ya que en algunos lugares no están disponibles los dos tipos y hasta las de mina o sedimentarias llegan a tener composiciones diferentes en zonas geográficamente próximas.

MORTEROS DE RECETA					
Según aplicación		Composición en volumen <sup>(1)</sup>		Tipo de arena <sup>(2)</sup>	Observaciones
COLOCACIÓN CAPA GRUESA	Alicatado en capa gruesa	A	1:2:6	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T	La cal contribuye a la trabajabilidad
		B	1:1:8	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , 5 partes de T, 3 de S	Menor resistencia mecánica que <b>A</b>
		C	1:6	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T S variable <sup>(3)</sup>	Menor resistencia mecánica que <b>A</b> Más rigidez que <b>A</b> y <b>B</b>
		D	1:7	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T S variable <sup>(3)</sup>	Es menos rígido que <b>C</b>
	Solado al Tendido	E	1:10 + 1:1 <sup>(4)</sup>	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T S variable <sup>(3)</sup>	Mortero semiseco de baja rigidez, con espesores de 30-50 mm <sup>(5)</sup> El espolvoreado es de una mezcla de cemento y cal a partes iguales
		F	1:1:8 + 1:1 <sup>(4)</sup>	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T	Mayor resistencia mecánica que <b>A</b> y menor rigidez. Dependiendo de la arena, podemos tener buena consistencia
		G	1:8 + 1:1 <sup>(4)</sup>	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , 5 partes de T, 3 de S	Es una formulación alternativa a la <b>F</b> , donde la trabajabilidad se consigue con la arena de mina. Es menos resistente que <b>F</b> y, tal vez, más rígido.
Solado a Punta de Paleta		1:5	Ø 0-4 mm, <b>MP</b> , T S variable <sup>(3)</sup>	Necesario control muy frecuente de la planitud Compromiso entre alta consistencia del mortero y buena adherencia en fresco	

<sup>(1)</sup> Relación cemento : cal : arena o cemento : arena. Relación agua/cemento: la mínima necesaria para asegurar consistencia, trabajabilidad e hidratación.

<sup>(2)</sup> **MP**: Según Anexo A de la norma UNE-EN 13139:2002, arena de grano medio cuyo contenido en masa pasa por el tamiz de 0,5 mm entre un 30 y 70%. **CP**: las que pasa por ese tamiz el 5-45% de la arena. **T**: arenas trituradas o de machaqueo. **S**: arenas de mina o sedimentarias

<sup>(3)</sup> La cantidad de S se fijará en función del contenido en finos y la "viveza" (ausencia de arcilla) de la arena triturada

<sup>(4)</sup> La mezcla de cal y cemento a partes iguales (composición en volumen 1:1) debe extenderse uniformemente con ayuda de la llana dentada y humectarse correctamente con escoba o brocha. Dependiendo de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) la extenderemos sobre el mortero semiseco en una superficie reducida (2-4 m<sup>2</sup>)

<sup>(5)</sup> Sobre forjados y soleras jóvenes debe contemplarse la ejecución de una capa de desolidarización, a base de garbancillo (grava menuda de 7-15 mm o común de 15-25 mm) bien compactado de 30-50 mm de grosor. Sobre el garbancillo se extenderá el mortero semiseco

## 2.2

### Los morteros premezclados

El Alicatador Solador puede emplear morteros industriales premezclados para diferentes fines. En la actualidad para cada fin, o grupo de fines, existe una norma diferente a la que tienen que acogerse, según su tipo, los morteros premezclados. Ninguna de estas normas cubre (ni siquiera menciona) el uso de morteros para colocación de recubrimientos rígidos modulares en capa gruesa. Por tanto, el Alicatador Solador tendrá que recurrir a morteros diseñados y especificados para otras operaciones, algo bastante corriente en la construcción.

Los morteros premezclados que habitualmente encontramos en obra son por general morteros de albañilería, cubiertos por la norma UNE-EN 998 titulada "Especificaciones de los morteros para albañilería". Esta norma se divide en dos partes y en cada una se trata un grupo de morteros empleados para un tipo de aplicaciones distintas:

- › UNE-EN 998-1:2003. Morteros para revoco y enlucido.
- › UNE-EN 998-2:2004. Morteros para albañilería.



En principio, podemos encuadrar dentro de la **parte 1** a los morteros para **enfoscados y maestreados de superficies verticales** (y techos) previos a la colocación de baldosas sobre ellos. Esta parte de la norma distingue **6 tipos** de mortero de albañilería **en función de su uso** o destino. De entre estos tipos lo habitual, para el fin citado, sería emplear morteros designados con la abreviatura “GP” (propósito general o uso corriente).

Dentro de la **parte 2** de la norma podemos encuadrar a los morteros empleados para la **colocación en capa gruesa** de baldosas cerámicas, si bien este uso no se menciona en ningún momento, y para rejuntado (aunque las referencias que hace la norma a este uso están enfocadas al rejuntado de fábricas de albañilería).

En esta parte los distintos morteros se agrupan según su uso o destino sólo en **3 tipos**: uso corriente (G), para juntas y capas finas (T) y ligero (L).

Ambas partes de la norma 998 tratan las propiedades y requisitos del mortero **en fresco** (Tiempo de utilización, Contenido en aire, Contenido en iones cloruro —sólo EN 998-2—) y del mortero **endurecido** (Densidad, Resistencia a compresión, Adhesión, Absorción de agua, Permeabilidad al vapor de agua, Conductividad térmica, Reacción frente al fuego, Durabilidad).

En ninguna parte de la norma UNE-EN 998 se hace referencia a morteros para utilizar en suelos o pavimentos. Las especificaciones de los materiales para **recrecidos de suelos** y de los propios recrecidos se encuentran en otros grupos de normas mencionadas en el apartado 3.2 del anterior módulo.

Recordemos finalmente que la confección de tientos y maestras con composiciones ricas en cemento o utilizando cementos de fraguado rápido suelen provocar problemas en alicatados y solados por diferencias de contracción en el endurecimiento. Ya en los primeros días suelen presentarse fisuras sobre los enfoscados maestreados y soleras niveladas.

También se recomienda a los profesionales Alicatadores Soladores hacer provisión de cal para, en su caso, rectificar la consistencia del mortero suministrado desde silo u hormigonera. Siempre será menos perjudicial (en algunos, puede tener efecto beneficioso) que rectificar la composición con cemento.

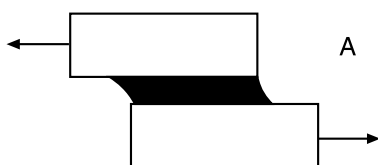
## 3

### La adherencia

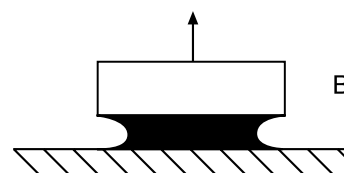
El fenómeno de la adherencia tiene lugar cuando estamos frente a un sistema formado por uno o dos materiales que pretendemos unir, que llamamos adherentes, y un segundo o tercer material que establece la unión, que llamamos junta o **unión adhesiva**. La adherencia se puede definir como la capacidad de transferir una fuerza procedente del adherente a través de la unión adhesiva. De hecho, la adherencia será tanto mayor cuanto mayor sea la energía mecánica que puede absorber la unión adhesiva.

La adherencia se mide por la fuerza que podemos aplicar a la unión adhesiva hasta el instante en que se manifiesta la disminución de esa adherencia o ruptura. Para medir la adherencia se somete a esfuerzo mecánico la unión adhesiva, para los materiales de agarre se dispone de dos métodos normalizados:

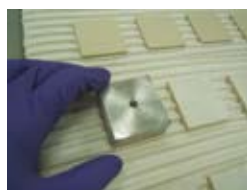
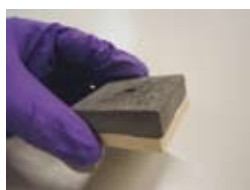
- › De cizallamiento o cizalladura (también de corte o a cortante), cuando se aplica una fuerza paralela al plano de la unión adhesiva.
- › De tracción, cuando la fuerza aplicada es perpendicular al plano de la unión adhesiva



**Cizallamiento.** Esfuerzo paralelo al plano de adhesión



**Tracción.** Esfuerzo perpendicular al plano de adhesión



Ensayos de Tracción. Imágenes BASF Construction Chemicals S.L.

# 3.1

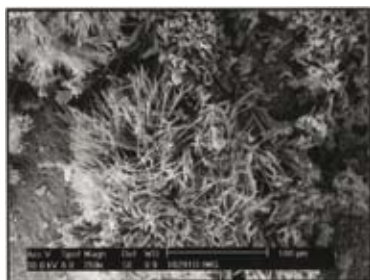
## La adherencia mecánica

La **adherencia mecánica** se caracteriza por:

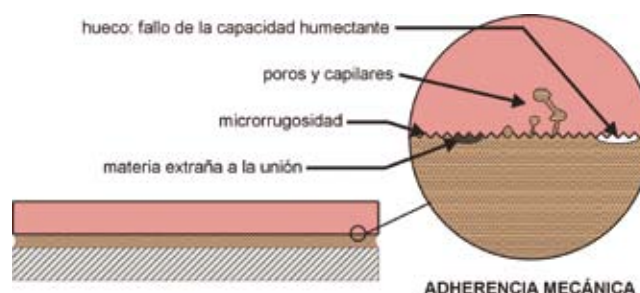
- › El acoplamiento mecánico entre adhesivo y adherente (baldosa): por la textura o microrrugosidad superficial del adherente (baldosa), su porosidad y capilaridad y por la capacidad de penetración del adhesivo en dichos poros y capilares.
- › La capacidad humectante o mojante del adhesivo.

Para que se produzca la adhesión mecánica uno de los materiales se aplica en estado líquido o plástico sobre la superficie del otro, la cual debe ofrecer suficientes posibilidades de traba. Los materiales porosos presentan en general una buena superficie para favorecer la adhesión mecánica.

Con la penetración del adhesivo en los poros de los materiales cerámicos, se crean puntos de anclaje necesarios para producir la adherencia entre estos y el correspondiente soporte. En los morteros a base de cemento predomina, casi de forma exclusiva, este tipo de adhesión.



Las agujas del cemento hidratado, responsables de la resistencia mecánica de morteros y hormigones endurecidos, al cohesionar las partículas del árido (arena y/o gravilla). Responsables también de la rigidez de los morteros (cuando se rompen, se fisura) y del anclaje a la superficie de colocación (en los poros y microrrugosidad).



Expresión de la adherencia mecánica de morteros y adhesivos cementosos.

Con el empleo de estos morteros surgieron a dos tipos de necesidades. En primer lugar, la necesidad de **mejorar las características intrínsecas** a dichos morteros (el tiempo de utilización, la consistencia, aumentar la retención de agua, etc.)

Estas mejoras se lograron “aditivando” los morteros con compuestos orgánicos de diversa índole y permitieron nuevos campos y métodos de aplicación de los materiales cementosos como la **colocación en capa fina** de recubrimientos cerámicos.

En segundo lugar, surgió la necesidad de aportar a los morteros cementosos **nuevas características** distintas a las que ya tenían. De estas hemos de destacar dos: aportar **adherencia sobre materiales no porosos**, sin red capilar accesible (**adherencia química**), y dotar a los aglomerados cementosos de cierta flexibilidad, o cuanto menos reducir su rigidez característica.

# 3.2

## La adherencia química en los adhesivos



Este tipo de adhesión se produce por la formación de compuestos e interacción química entre moléculas, así como fuerzas electrostáticas de atracción. Estas uniones químicas o electrostáticas son las que producen la adherencia sobre superficies lisas y/o de baja o nula absorción y porosidad.

La incorporación de este concepto a los materiales cementosos se produjo con la introducción del látex natural en las composiciones de los morteros (Reino Unido, 1923). Con ello se modificaban no sólo las características en fresco de los morteros cementosos, sino también sus características finales una vez endurecidos.

Hoy en día los polímeros que aportan fundamentalmente adhesión química son principalmente termoplásticos y coloquialmente han venido a denominarse de forma genérica “**resinas**”. En los morteros cementosos aditivados con estos polímeros se produce una **adhesión mixta**: mecánica gracias a la hidratación del cemento y química debido a la presencia de la resina, que también contribuye a la cohesión aglomerando partículas y filamentos.

La aportación de adhesión química a los materiales de agarre para colocación en capa delgada dio paso a que comenzaran a denominarse “adhesivos”, término que ha acabado extendiéndose a todos los actuales materiales de agarre en capa fina.

En resumen el Alicatador-Solador tiene dos posibilidades de selección para los materiales de agarre que empleará para colocar las baldosas: **morteros y adhesivos**. El denominador común de ambos es que la adherencia se produce en el proceso de endurecimiento; la diversidad está en el tipo de trabazón que se produce, tanto en el seno del material (cohesión) como con las superficies con que entra en contacto (adhesión), y también en el tipo de endurecimiento. Las diferencias se enumeran en la tabla siguiente:

DISTINTOS TIPOS DE ADHESIÓN Y DE ENDURECIMIENTO EN LOS ADHESIVOS PARA BALDOSAS	
<b>Tipos de adhesión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Mecánica:</b> propia de los morteros cementosos sin aditivar y de los adhesivos cementosos sin ligantes orgánicos</li> <li>› <b>Mecánica y química:</b> morteros cementosos aditivados con resinas y adhesivos cementosos de ligantes mixtos</li> <li>› <b>Química:</b> adhesivos de resinas en dispersión y de resinas reactivas</li> </ul>
<b>Tipos de endurecimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Por <b>hidratación</b> del conglomerante (carbonatación de forma secundaria)</li> <li>› Por <b>evaporación</b> del agua y/o disolvente</li> <li>› Por <b>reacción química</b> de componentes separados</li> </ul>

Estas diferencias se trasladan, lógicamente, a las distintas posibilidades de colocación de baldosas cerámicas, según podemos consultar a continuación:

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE COLOCACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS		
COLOCACIÓN	ADHESIÓN	ENDURECIMIENTO
En capa gruesa con morteros de cemento o cemento cal	Casi exclusivamente mecánica	Por hidratación del conglomerante (salvo cuando la cal que se emplea es aérea)
En capa delgada con adhesivos cementosos	Mecánica y química	Básicamente por hidratación, aunque en esa hidratación interviene el proceso de acoplamiento cohesivo de los polímeros
En capa delgada con adhesivos no cementosos	Casi exclusivamente química	Bien por evaporación del agua o disolvente o por reacción química de los componentes

Con la incorporación de resinas poliméricas a un material cementoso se mejoran sus propiedades en fresco y finales. En adelante, hablaremos de **adhesivos cementosos** para nombrar unos materiales que se caracterizan por tener un **comportamiento en fresco** que:

- › Permite la adherencia con grosores mínimos del adhesivo, desde 1 mm, dado su **poder de retención de agua**.
- › Optimiza la trabajabilidad y mojabilidad: **capacidad humectante**.
- › Permite un comportamiento reológico **tixotrópico** en la colocación de las baldosas. El adhesivo tiende alternativamente a: hacerse fluido cuando ejercemos una fuerza de cizalladura y volverse automática y **rápidamente** viscoso (recuperar una elevada consistencia) cuando cesa esa fuerza. Esta característica favorece la estabilidad del adherente sobre el adhesivo antes de su endurecimiento y permite minimizar el riesgo de aparición de defectos de planitud (cejas) en superficies horizontales, pero también el descuelgue en superficies verticales.



- › Acota los tiempos de utilización, aplicación y endurecimiento (normalmente ampliándolos), lo cual permite la adherencia en un **mayor rango de condiciones ambientales** de humedad y temperatura.

En las **características finales tras el endurecimiento** se produce una mejor unión entre el cemento hidratado y los áridos, además la membrana polimérica evita la propagación de microfisuras. En función del tipo de resinas utilizadas y la proporción polímero/cemento, podemos obtener:

- › Un mayor **poder de retención de agua** que contribuye a una **mejor hidratación** del cemento en el proceso de endurecimiento y a una **retracción menor**.
- › Como consecuencia se incrementan las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, a la tracción, a la flexión y al impacto) y se **optimiza la adherencia mecánica**.
- › Se **complementa la adherencia** mecánica, alcanzada con la hidratación del conglomerante, **mediante la adherencia química**, que proporciona un buen anclaje sobre superficies lisas y poco o nada absorbentes.
- › La unión adhesiva presenta menor porosidad y poros de menor tamaño, lo que mejora la impermeabilidad, la resistencia química y a ciclos de hielo/deshielo, y la **durabilidad**.
- › Puede dotarse de **deformabilidad** a un adhesivo sustituyendo o complementando esa propiedad de los morteros de cal.

#### COMPOSICIÓN DE LOS ADHESIVOS CEMENTOSOS

<b>Aglomerante</b>	Cemento común, aportado a la composición en cantidades variables, del orden del 30-40% en peso. Otros tipos de cementos en ciertos casos.
<b>Árido</b>	Arenas silíceas y calcáreas seleccionadas de distribución granulométrica equilibrada, y tamaño máximo de árido en función del grosor previsto para la unión adhesiva. La proporción cemento/árido, entre 1:2 y 1:3 en peso, según el tipo de adhesivo.
<b>Retenedores de agua</b>	Por lo general compuestos de la celulosa, frecuentemente en forma de éter de celulosa, en la proporción de 0,3-0,4% en peso. Tienen una notable influencia sobre las características en fresco (consistencia, trabajabilidad y tiempo de aplicación).
<b>Resinas Poliméricas</b>	En una proporción variable polímero/cemento comprendida entre el 5 y el 20% en peso. Polímeros termoplásticos y elastoméricos que aseguren una correcta hidratación del cemento, alta estabilidad, y capacidad de formación de una membrana continua resistente al agua.
<b>Agua de amasado</b>	Potable y libre de cloruros, en la proporción agua/cemento comprendida entre el 30 y el 60% en peso. Desempeña un papel esencial en las características en fresco y en la maduración del adhesivo, por lo que hay que respetar las recomendaciones del fabricante.




## 4

### Clasificación, codificación y características de los adhesivos según norma UNE-EN 12004

La norma UNE-EN 12004:2008 recoge en sus diferentes apartados la terminología de los materiales, los requisitos que deben alcanzar, definiciones sobre los métodos de trabajo, características de aplicación y especificaciones para el mercado CE. Esta norma es aplicable a los adhesivos para la colocación de cualquier tipo de baldosa, sea cerámica, piedra natural, aglomerado, etc. En ella se define el método de capa fina o capa delgada como modalidad de aplicación del adhesivo de forma regular, sobre una superficie plana, con una posterior operación de peinado con llana dentada para obtener un espesor y planeidad uniformes.

La norma establece **tres tipos de adhesivos**, con una definición muy general para cada uno de ellos.

**Tipos de adhesivos**

<b>TIPOS DE ADHESIVOS SEGÚN NORMA UNE-EN 12004:2008 (Apartado 6)</b>			
<b>Nombre</b>	<b>C Cementosos</b>	<b>D Dispersión</b>	<b>R Reactivos</b>
Definición (apartado 3.2)	Mezcla de conglomerantes hidráulicos, áridos y aditivos orgánicos, que se mezclan con agua o un aditivo líquido en la preparación previa	Mezcla de conglomerante(s) orgánico(s) en forma de polímero en dispersión acuosa, aditivos orgánicos y cargas minerales lista para su uso	Mezcla de resinas sintéticas, aditivos orgánicos y cargas minerales cuyo endurecimiento resulta de una reacción química, y que se comercializan en forma de uno o más componentes separados
Tipo adhesión	Mecánica o mixta	Química	Química
Endurecimiento	Hidratación cemento y secado película polimérica	Evaporación del agua	Reacción química
Características principales	Prestaciones elevadas a un coste contenido. Utilizables en la mayoría de situaciones. Por lo general elevada resistencia al agua y la humedad permanente. Uso relativamente sencillo.	Elevada deformabilidad, facilidad y comodidad de uso. Hay que tener en cuenta que, por lo general, pueden reblandecerse en contacto con el agua, perdiendo cohesión y adherencia. En general son más apropiados para interiores.	Elevadas resistencias mecánicas y químicas una vez endurecidos, total impermeabilidad al agua y, en algunas formulaciones, muy alta deformabilidad.  Dificultad de manipulación y de aplicación fuera de un margen reducido de temperaturas. Buen comportamiento en inmersión. Los formulados en base a resinas epoxi son más rígidos que otras formulaciones (como por ejemplo a base de resinas poliuretánicas).
			

**Clases de adhesivos**

Asimismo establece unas clases que cubren los adhesivos cementosos de **fraguado rápido (F)**, los adhesivos que cumplen las características fundamentales en cuanto a adherencia (clase **1**) y los que alcanzan las características adicionales para la adherencia (clase **2**).

Se define el **tiempo abierto** como el intervalo de tiempo máximo transcurrido tras la aplicación y peinado del adhesivo durante el cual las baldosas pueden ser colocadas sobre el mismo y se sigue cumpliendo con las especificaciones de adherencia. La norma UNE-EN 12004:2008 establece un tiempo abierto mínimo de **10 minutos** para los adhesivos cementosos de fraguado rápido (**F**) y un tiempo abierto mínimo de **20 minutos** para todos los restantes, siempre como característica fundamental.

Para los adhesivos cementosos y en dispersión se contempla una clase ex profeso para los que presentan la característica adicional de *tiempo abierto ampliado* (al menos 30 minutos) asignándoles la letra **E**.

Como característica especial se considera el deslizamiento en los tres tipos de adhesivos. Cuando ese deslizamiento sobre superficies verticales, determinado según el método de ensayo normalizado en UNE-EN 1308, es menor o igual a 0,5 mm se le asigna la letra **T (deslizamiento reducido)**.

Para otras características definidas en la norma y que merecen la consideración de especiales, no se establecen niveles mínimos ni obligatoriedad de suministrar información por parte del fabricante.

Éste es el caso de la *capacidad humectante* para los tres tipos de adhesivos, la *resistencia química* para los adhesivos **R**, y la **deformación transversal** para los adhesivos **C**. Esta última característica se aborda con detalle en el apartado 5 y la norma UNE-EN 12004:2008 la emplea para establecer las siguientes clases de adhesivos cementosos:

- › **S1**: cuando es igual o mayor que 2,5 mm y menor que 5 mm
- › **S2**: cuando es igual o superior a 5 mm

CODIFICACIÓN ADHESIVOS SEGÚN NORMA UNE-EN 12004:2008		
<b>TIPOS</b>	Uno de los siguientes	<b>C</b> : Cementosos <b>D</b> : Dispersión <b>R</b> : Reactivos
<b>CLASES</b>	Necesariamente una (y sólo una) de las siguientes:	<b>1</b> : Cumplen características fundamentales* <b>2</b> : Cumplen características adicionales
	Opcionalmente una o más de las siguientes:	<b>F</b> : Fraguado rápido (sólo en cementosos) <b>T</b> : Deslizamiento reducido <b>E</b> : Tiempo abierto ampliado (sólo tipos C y D)
	Opcionalmente una (y sólo una) de las siguientes (sólo en cementosos):	<b>S1</b> : Deformable <b>S2</b> : Altamente deformable
*Existe también una clase 1 "exclusivamente para interiores", en la que no se exige el cumplimiento de dos de las características fundamentales.		

CODIFICACIÓN ADHESIVOS SEGÚN NORMA UNE-EN 12004:2008					
Tipo	Clase				
	Adherencia	Características opcionales			
	<b>2</b>	<b>F</b>	<b>T</b>	<b>E</b>	<b>S2</b>
<b>C</b> : Adhesivo cementoso <b>D</b> : Adhesivo en dispersión <b>R</b> : Adhesivo de resinas reactivas	<b>1</b> : Normal (características fundamentales)* <b>2</b> : Mejorado (características adicionales)	<b>F</b> : Fraguado rápido. Sólo en adhesivos tipo <b>C</b> .	<b>T</b> : Deslizamiento reducido (≤ 0.5 mm).	<b>E</b> : Tiempo abierto ampliado (≥ 30 minutos). Sólo adhesivos tipo <b>C</b> y <b>D</b> .	<b>S1</b> : Deformable <b>S2</b> : Altamente deformable. Característica Especial Opcional para adhesivos tipo <b>C</b> .
Necesariamente una de las reflejadas arriba.	Necesariamente sólo una de las reflejadas arriba.	Opcionalmente una o más de las reflejadas arriba.			Opcionalmente sólo una de las reflejadas arriba.
*Existe también una clase 1 "exclusivamente para interiores", en la que no se exige el cumplimiento de dos de las características fundamentales.					

En base a esta codificación en la norma aparecen varios ejemplos de denominación de distintos adhesivos, con la observación de que los fabricantes pueden incluir otros símbolos y denominaciones adicionales. Algunos de estos ejemplos se recogen en el cuadro siguiente.

Símbolos		Descripción
Tipo	Clase	
C	1	Adhesivo cementoso normal
C	1F	Adhesivo cementoso normal de fraguado rápido
C	1FT	Adhesivo cementoso normal de fraguado rápido con deslizamiento reducido
C	2	Adhesivo cementoso mejorado con características adicionales
C	2E	Adhesivo cementoso mejorado con características adicionales y tiempo abierto ampliado
C	2S2	Adhesivo cementoso mejorado altamente deformable
C	2FT	Adhesivo cementoso mejorado con características adicionales, de fraguado rápido y con deslizamiento reducido
D	1E	Adhesivo en dispersión normal con tiempo abierto ampliado
D	2	Adhesivo en dispersión con características adicionales
D	2TE	Adhesivo en dispersión con características adicionales, deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado
R	1	Adhesivo normal de resinas de reacción
R	2T	Adhesivo de resinas de reacción con características adicionales y deslizamiento reducido

En los cuadros que siguen se reflejan los valores que la norma UNE-EN 12004:2008 exige para las distintas características de cada tipo y clase de adhesivo que en ella se definen.

ADHESIVO CEMENTOSO NO ADECUADO PARA USOS EN EXTERIOR		ANEXO ZA DE LA NORMA UNE-EN 12004:2008 MARCADO CE
Sólo se exige: Adherencia inicial Adherencia después de inmersión en agua	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	No contempla la característica fundamental de tiempo abierto. Sí contempla la clase de fraguado rápido horas es R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>

ADHESIVO CEMENTOSO DE FRAGUADO NORMAL	C 1	Adhesivo Cementoso Mejorado con Características Adicionales	C2
Adherencia inicial Adherencia después de inmersión en agua Adherencia después envejecimiento con calor Adherencia después de ciclos hielo/deshielo	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup>	
Tiempo abierto mínimo: <b>20 minutos</b>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	

ADHESIVO CEMENTOSO NORMAL DE FRAGUADO RÁPIDO	C 1F	Adhesivo Cementoso mejorado con Carac. terísticas Adicionales de fraguado rápido	C 2F
Adherencia inicial Adherencia después de inmersión en agua Adherencia después envejecimiento con calor Adherencia después de ciclos hielo/deshielo Adherencia temprana a las 6 horas	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	
Tiempo abierto mínimo: <b>10 minutos</b>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	

Adhesivo en Dispersión Normal	D 1	Adhesivo en Dispersión Mejorado con Características Adicionales	D2
Adherencia inicial Adherencia después envejecimiento con calor Adherencia a alta temperatura Adherencia después de inmersión en agua	R.C. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> --- ---	R.C. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 1$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	
Tiempo abierto mínimo: <b>20 minutos</b>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	<b>20 minutos</b>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>

Adhesivo de Resinas Reactivas Normal	R 1	Adhesivo de Resinas Reactivas Mejorado con Características Adicionales	R2
Adherencia inicial Adherencia después de inmersión en agua Adherencia después de choque térmico	R.C. $\geq 2$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 2$ N/mm <sup>2</sup> ....	R.C. $\geq 2$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 2$ N/mm <sup>2</sup> R.C. $\geq 2$ N/mm <sup>2</sup>	
Tiempo abierto mínimo: <b>20 minutos</b>	R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	<b>20 minutos</b> R.T. $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup>	
R.T.: Resistencia a la tracción, R.C.: Resistencia a la cizalladura			

Por último aportamos una relación de los requisitos de marcado y etiquetado exigidos por la norma.

EXIGENCIAS DE MARCADO Y ETIQUETADO PARA LOS ADHESIVOS QUE SE ACOGEN A LA NORMA UNE-EN 12004:2008	
Nombre del producto	Instrucción de uso: Proporciones de mezcla (cuando corresponda) › Tiempo de maduración (cuando corresponda) › Vida útil › Modo de aplicación › Tiempo abierto › Tiempo que ha de transcurrir hasta el rejuntado y permitir el paso del tráfico (cuando proceda) › Campo de aplicación (colocación de baldosas en suelos o paredes, en interiores, en exteriores, etc.)
Marca del fabricante y lugar de origen	
Fecha y código de producción, caducidad y condiciones de almacenaje	
Mención a la norma y fecha de publicación	
Tipo de adhesivo, (tipo y clase), según lo descrito en el capítulo 6 de la norma, empleando los símbolos allí indicados	

# 5

## La deformabilidad de los adhesivos cementosos en las normas UNE-EN

Los recubrimientos rígidos modulares están sometidos a diferentes esfuerzos de tracción, compresión, flexión y cizalladura según su ubicación, las características de los materiales, las condiciones ambientales y, en pavimentos, las cargas dinámicas y estáticas a las que estarán sometidos.

En estos recubrimientos los esfuerzos a flexión y a cizalladura han aumentado en relación directa a la inestabilidad de los elementos constructivos sobre los que se asientan. Como características de los adherentes que generan tensiones de cizalladura tenemos: el coeficiente de **dilatación térmica lineal**, el coeficiente de **expansión por humedad** y la contracción en el proceso de hidratación de los materiales cementosos (**retracción**).

El adhesivo deberá mantener su cohesión interna, así como en la interfaz adherente/adhesivo, ante variaciones dimensionales de los adherentes y las correspondientes **deformaciones diferenciales** que se producen entre adherentes, adhesivo y soportes. A esa capacidad de adaptación sin producción de microfisuras antes de la rotura le llamamos **deformabilidad**.

Esta deformabilidad de la unión adhesiva entre el recubrimiento cerámico y la superficie de colocación debe contemplarse también en función de la estabilidad de los soportes estructurales sobre los que se asienta el recubrimiento.

La estabilidad de los elementos constructivos estructurales depende de la entidad de las variaciones dimensionales y de otros fenómenos físico-químicos que puedan producirse en su seno (corrosión de armaduras y carbonatación de hormigones). Las variaciones dimensionales que afectan a la estabilidad obedecen a oscilaciones térmicas y de humedad, a la retracción de los aglomerados de cemento, a las deformaciones bajo carga de los elementos portantes y a las vibraciones.

En lo que respecta a la norma UNE-EN 12004:2008 la deformabilidad está contemplada como una característica final de los adhesivos y se define como la capacidad del adhesivo endurecido de deformarse por las tensiones entre la baldosa y la superficie de colocación, sin producir daño en la superficie de colocación.

Dicha deformabilidad se evalúa midiendo la **deformación transversal**, característica fundamental que también aparece en la norma UNE-EN 12004:2008. Allí se define como la deformación registrada en el centro de una capa de adhesivo endurecido sometida a carga en tres puntos. Se mide mediante el método de ensayo descrito en la norma UNE-EN 12002:2009.

El método de ensayo se aplica solamente a los adhesivos y materiales de rejunto cementosos (**C**), dejando fuera a los que tienen propiedades elásticas, como los adhesivos en dispersión (**D**) y los adhesivos de resinas de reacción (**R**).



Según el valor de la deformación transversal obtenida los adhesivos cementosos se clasifican en los tipos **S1** y **S2**.

**S1:** Adhesivos cementosos **deformables**, con una deformación transversal **igual o superior a 2,5 mm e inferior a 5 mm**.

**S2:** Adhesivos cementosos **muy deformables**, con una deformación transversal **igual o superior a 5 mm**.

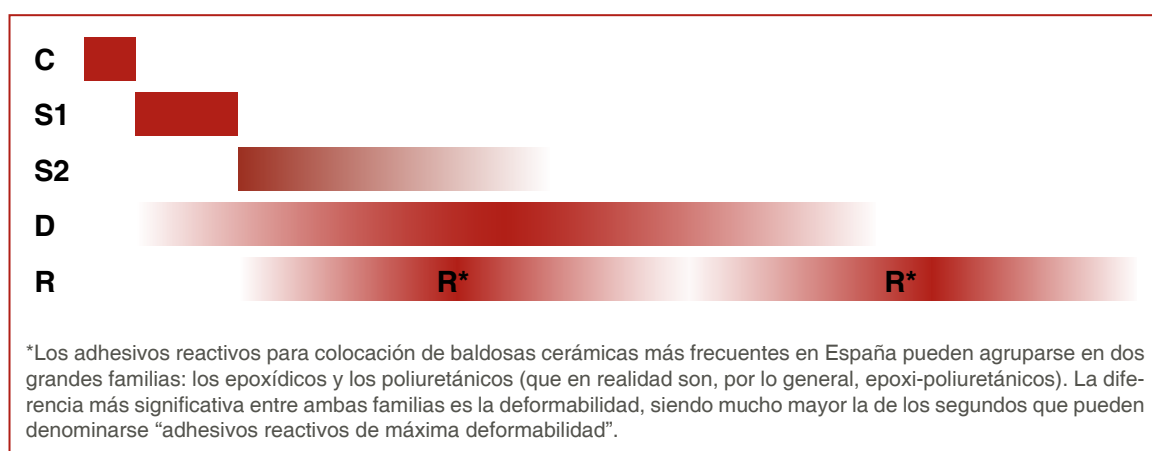
Pensando en los adhesivos, sería más realista efectuar ensayos de resistencia a la cizalladura, ya que las tensiones que comprometen la adherencia son por contracción del soporte o superponiéndose esa contracción con la dilatación de las baldosas.

## 5.1

### Aproximación orientativa a la deformabilidad de los diversos tipos de adhesivos para baldosas cerámicas

Se ha considerado útil, sobretodo para la selección del adhesivo, dar unas indicaciones genéricas sobre la elasticidad relativa que poseen las distintas familias (o tipos según UNE-EN 12004) de adhesivos para baldosas cerámicas.

La siguiente tabla puede darnos una primera aproximación al encuadramiento de la deformabilidad relativa entre distintas familias de adhesivos (según los adhesivos concretos para baldosas cerámicas más difundidos en España). Dicha aproximación puede emplearse de forma preliminar a falta de datos más concretos que cada fabricante puede proporcionar.



*Las longitudes de las barras no pretenden reflejar una relación o proporcionalidad con la deformabilidad de cada tipo. Se trata sólo de un recurso gráfico para indicar de forma cualitativa (y no cuantitativa) los posibles solapes entre grupos (dependiendo de la formulación específica de cada producto: tipo y proporción de polímeros, tipo y cantidad de áridos, etc).*

## 6

### Criterios para la selección del adhesivo

Los criterios de selección del adhesivo se basan en la consideración de las **baldosas**, las superficies y **soportes de colocación**, las **exigencias funcionales** del recubrimiento (incluyendo las condiciones ambientales frente a las que tendrá que desempeñar dichas funciones) y también, aunque frecuentemente olvidadas, las **circunstancias de su ejecución** (necesidad de rapidez, condiciones climáticas extremas...).

Todos estos factores influyen en conjunto y han de ser considerados, todos sin excepción, junto con las características particulares de cada proyecto. Sólo a continuación se podrá realizar la selección adecuada



Para acceder al contenido completo de este módulo, puedes solicitar información a Proalso en:

**[info@proalso.es](mailto:info@proalso.es)**