

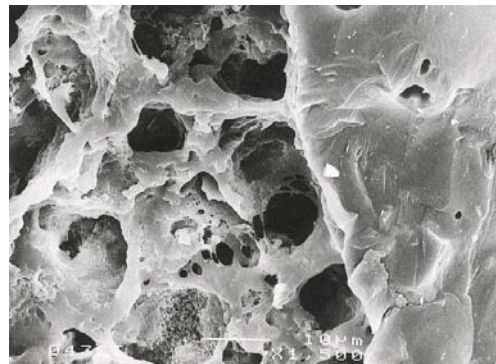
## MORTEROS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

Con la incorporación de resinas poliméricas a un mortero destinado a la colocación de recubrimientos rígidos modulares se da un salto cualitativo esencial en la mejora de las 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 asegurar la adherencia con grosores mínimos del adhesivo, desde 1 mm, dado su poder de retención de agua.
- Optimiza la trabajabilidad y mojabilidad (capacidad humectante), al actuar las partículas poliméricas como rodamientos, y por su capacidad redispersante y oclusora de aire.
- Consiente un comportamiento reológico tixotrópico en la colocación de las baldosas; es decir, un adhesivo fluido cuando ejercemos una fuerza de cizalladura y que se vuelve viscoso cuando cesa esa fuerza. Característica que favorece la estabilidad del adherente sobre el adhesivo antes de la maduración, especialmente ante el descuelgue en superficies verticales.
- Acota los tiempos de utilización, aplicación y maduración, asegurando la adherencia en determinadas condiciones ambientales de humedad y temperatura.

Pero es en las características finales tras la maduración donde se superan las propiedades de los morteros tradicionales. En primer lugar la adherencia, por la mejor unión entre el cemento hidratado y los agregados, pero también por el efecto de puentado que ejerce la membrana polimérica ante la propagación de microfisuras, consecuencia de fuerzas aplicadas sobre la unión adhesiva. Además, en función del tipo de resinas utilizadas y la proporción polímero/cemento, obtenemos:

- Menores contracciones de secado y maduración, junto a una mejor hidratación del cemento.
- Unión adhesiva de menor porosidad, con reducción también del tamaño de los poros, con repercusión directa sobre la impermeabilidad y resistencia a ciclos de hielo/deshielo, así como otras características asociadas a la durabilidad de esa unión.
- Un buen anclaje sobre superficies lisas e inabsorbentes.
- Mayor resistencia mecánica a la tracción, flexión, impacto y abrasión, como consecuencia de la cohesión alcanzada en la comatriz polímero/cemento hidratado. Este incremento de la resistencia mecánica es función de la naturaleza de los componentes del adhesivo, de los factores de mezcla y del proceso de maduración. Los valores obtenidos son también función del método de ensayo adoptado.



*Puentes de unión y anclaje de la resina polimérica en la interfaz adhesivo cementoso/baldosa de gres porcelánico.*

WACKER POLYMER SYSTEMS

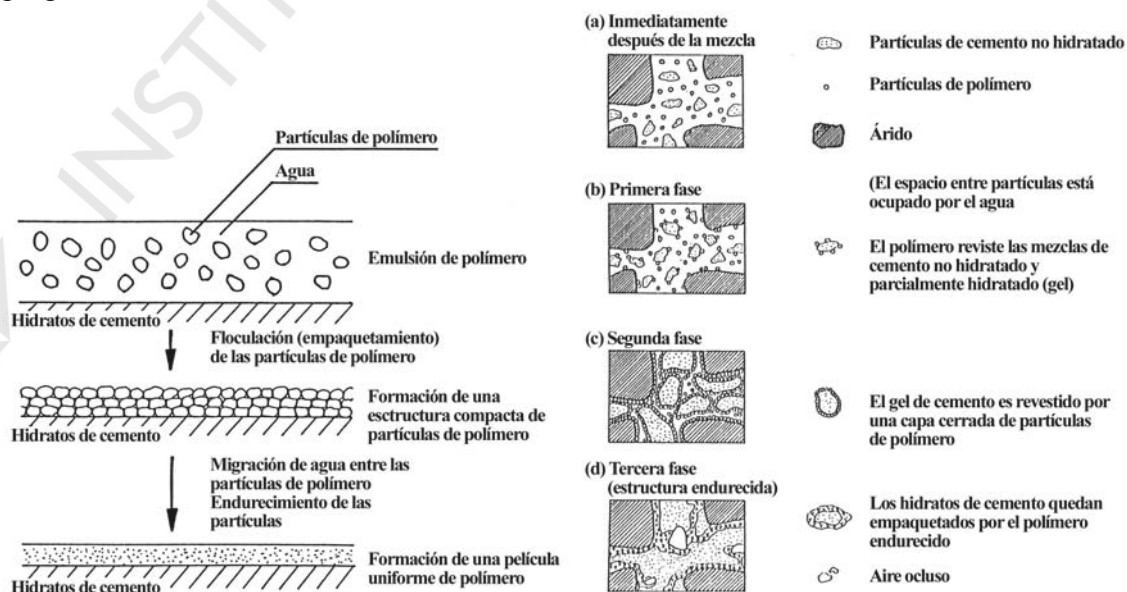
- Capacidad deformable en función del comportamiento viscoelástico de las resinas poliméricas incorporadas.
- Mantenimiento de la adherencia en condiciones de alta temperatura (hasta 150-170 °C).

El mecanismo de formación de la comatriz polímero/cemento hidratado puede resumirse en tres fases que explican las propiedades en fresco y tras maduración de los adhesivos cementosos:

En una primera fase, la resina polimérica se dispersa uniformemente en la pasta de cemento y arena, iniciándose el proceso de hidratación a la vez que las partículas de polímero se depositan alrededor del cemento no hidratado. A su vez, el agua de mezcla se satura de hidróxido cálcico que reacciona con la sílice de la arena formando silicato cálcico. La presencia de cristales de hidróxido cálcico en la superficie de las partículas del árido junto con la resina tiene su efecto sobre las propiedades finales del adhesivo.

En una segunda fase, el avance de la hidratación provoca la ocupación progresiva de los poros por parte de la resina, que inicia un proceso de floculación alrededor del silicato cálcico hidratado y de las partículas de árido. La concordancia entre el tamaño de los poros formados en la pasta de cemento durante la hidratación y el tamaño de las partículas de polímero explica ese posicionamiento. Al mismo tiempo tienen lugar reacciones químicas entre las resinas poliméricas, los iones  $Ca^{2+}$  y los silicatos e hidróxido cálcico formados en la superficie del árido, responsables de la unión entre los hidratos de cemento y el árido. El único punto débil de esta unión es la presencia de aire ocluido, favorecida por la presencia de emulsionantes y estabilizadores en la composición de las resinas y que, en parte, se controla con la inclusión de agentes antiespumantes.

En una tercera y última fase, una vez consumida el agua en el proceso de hidratación, el polímero endurecido envuelve al cemento hidratado y el árido en forma de membrana continua, creando una estructura monolítica responsable de las propiedades finales.



**Esquemas del proceso de maduración de un mortero modificado con resinas poliméricas**

FUENTE: Handbook of polymer-modified concrete and mortars. YOSHIHIKO OHAMA. ISBN 0-8155-1385-5

No ha sido tarea fácil para la industria de los adhesivos conjugar y, en muchos casos, optimizar las características en fresco y tras maduración de los adhesivos cementosos. Habida cuenta del progresivo uso de este tipo de adhesivos en sustitución de la colocación tradicional con mortero, no podemos cerrar esta introducción sin mencionar algunas variables que rigen la composición de estos materiales según la bibliografía disponible, en los cuatro apartados fundamentales: aglomerante, árido, retenedores de agua y resinas.

El resto de la oferta comercial de adhesivos para la colocación en capa delgada de recubrimientos rígidos modulares, sin el concurso del cemento como aglomerante y consecuente adherencia 100% química, proceden de los campos especializados de los *adhesivos estructurales* (en base mayoritaria al epoxi y el uretano, ambos con temperatura de maduración en torno a los 25 °C) y de los *adhesivos elastoméricos* (adhesivos RBA, en base al caucho natural, caucho de butilo, neopreno, etc.).

### ALGUNAS VARIABLES DE COMPOSICIÓN DE LOS ADHESIVOS CEMENTOSOS

En base a bibliografía podemos aportar algunas indicaciones generales que rigen la composición de los adhesivos cementosos:

- El *aglomerante* suele ser cemento común de la menor clase resistente (CEM I 32,5 R), aportado a la composición en cantidades variables, del orden del 30-40% en peso. Son también compatibles otros tipos de cemento (blancos, compuestos, de maduración rápida y ultrarrápida), siempre de clase resistente 32,5 N/mm<sup>2</sup> para no incrementar la rigidez del sistema.
- Como *árido* se utilizan arenas silíceas lavadas de distribución granulométrica, equilibrada, en función del grosor previsto para la unión adhesiva. La proporción cemento/árido, entre 1:2 y 1:3 en peso, suele ser variable en un amplio rango en función del tipo de adhesivo.
- Con función de *retenedores* del agua de mezcla se incorporan a la composición compuestos de la metilcelulosa, principalmente éteres de metilhidroxietilcelulosa (MHEC) o de metilhidroxipropilcelulosa (MHPC), en la proporción de 0,3-0,4% en peso. Tienen una notable influencia sobre las características en fresco del adhesivo (consistencia, trabajabilidad y tiempo de aplicación, aunque su efecto hay que medirlo conjuntamente con el comportamiento reológico en fresco de las resinas poliméricas).
- Las *resinas poliméricas* entran en la composición en una proporción variable polímero/cemento comprendida entre el 5 y el 20% en peso, con tamaño de partícula entre 0,05 y 5 μm. Se utilizan sistemas copoliméricos de dos o más monómeros diferentes que incorporan también emulsionantes, estabilizadores y antiespumantes. El contenido total de sólidos en las emulsiones poliméricas se sitúa alrededor del 40-50% en peso.

Se recurre a polímeros termoplásticos y elastoméricos que aseguren una correcta hidratación del cemento y alta estabilidad ante los cationes Ca<sup>2+</sup> y Al<sup>3+</sup> liberados durante ese proceso de hidratación; también reducida acción oclusora de aire y capacidad de formación de una membrana continua a la temperatura de aplicación, así como una óptima adherencia al árido y los hidratos de cemento. La membrana polimérica, una vez endurecida, debe ser resistente al agua y los álcalis, sin alteración ante las condiciones climáticas. Por último, las emulsiones poliméricas deben presentar estabilidad mecánica

y térmica en la manipulación, transporte y almacenamiento. Adherencia y deformabilidad ante esfuerzos de tracción y cizalladura son consecuencia del comportamiento viscoelástico de la membrana endurecida, entre la temperatura de transición del vidrio y la temperatura de fusión.

Las resinas de mayor difusión comercial son las emulsiones de estirenobutadieno (SBR), policloropreno (CR), éster poliacrílico (PAE) y poli(acetato de etilen-vinilo) (EVA). El acetato de polivinilo y el poli(cloruro de vinilideno-cloruro de vinilo) no suelen utilizarse por la baja resistencia al agua y la liberación de iones de cloro respectivamente.

- El agua de amasado, 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, de ahí la conveniencia de respetar las recomendaciones del fabricante.

### Los retenedores de agua

En un mortero sin modificar con resinas poliméricas, la incorporación de compuestos de metilcelulosa mejora las características en fresco, pero conviene indicar que:

- Por si solos no son suficientes para alcanzar tiempos de aplicación (que pronto definiremos como *tiempo abierto*) suficientemente seguros en una colocación en capa delgada.
- La metilcelulosa provoca hinchamiento debido a la absorción de agua y sellado de capilares, aunque el efecto sobre la contracción de secado es menor que en otros compuestos.
- Retrasan el proceso de hidratación y tienen un efecto negativo sobre la resistencia mecánica.
- Los MHEC confieren mayor consistencia y, en consecuencia, incrementan la resistencia al deslizamiento o descuelgue en recubrimientos verticales, pero retienen menos el agua en la superficie del adhesivo que los MHPC, que presentan además mayor capacidad humectante para el mismo tiempo de aplicación.

Ya hemos indicado que, en todos los casos, las características en fresco de un adhesivo cementoso deben evaluarse conjuntamente con la influencia de la emulsión polimérica en el comportamiento reológico de la pasta, valorando:

- La facilidad de aplicación, equivalente a fluidez, y capacidad de cubrición del reverso de la baldosa (capacidad humectante).
- Comportamiento tixotrópico que combine menor viscosidad al deslizar la baldosa sobre el adhesivo (esfuerzo de cizalladura) y mayor viscosidad al cesar ese esfuerzo; es decir, se incrementa la consistencia del adhesivo y la resistencia al deslizamiento.
- Moderada pérdida de volumen y contracción en los procesos de hidratación y secado hasta la total maduración/endurecimiento, importante en aplicaciones de grosor medio (8-20 mm).
- El mayor tiempo abierto posible en referencia a las condiciones climáticas de laboratorio.

## Adherencia/deformabilidad en función de la resina polimérica

La tecnología de la adherencia viene siendo objeto de investigación y desarrollo al menos en las últimas tres décadas. La transferencia tecnológica hacia la industria de materiales aplicados a la construcción ha sido incremental en el mismo período. En ese contexto, la modificación de morteros y hormigones y el refuerzo de estos últimos con materiales compuestos ha ocupado un lugar relevante. Parte de ese esfuerzo innovador hay que atribuirlo a la industria de los adhesivos para la colocación de recubrimientos rígidos modulares, entre cuyos objetivos prioritarios está la mejora de la calidad, durabilidad y prestaciones de esos materiales. La adherencia/deformabilidad es uno de los parámetros fundamentales sobre los que se centra la investigación aplicada, pues ya hemos expresado la necesidad de adaptación de un recubrimiento rígido modular a estructuras, soportes y superficies de colocación inestables, en buena parte de la edificación actual. Se investiga en:

- El comportamiento viscoelástico de las resinas poliméricas en función de su peso molecular, los copolímeros seleccionados y el papel de la fase cristalina en los polímeros semicristalinos.
- Poder obtener alta capacidad de absorción de energía (deformabilidad) en el mayor rango posible de temperaturas, con temperaturas de transición vítrea alrededor (por encima y por debajo) de los 0°C (polímeros *blandos*), sin penalizar la adherencia inicial en un proceso de hidratación del cemento que suele ser incompleto y para el que los polímeros *duros* tienen un mejor comportamiento.
- El comportamiento reológico de las emulsiones poliméricas a temperatura ambiente, en función de la composición y el tamaño de partícula en la resina.

Pero este esfuerzo innovador se extiende también a los **adhesivos RBA** y **estructurales**. En el primer tipo, mejorando su comportamiento frente al agua y a temperatura elevada; en el segundo tipo, optimizando la adherencia bajo condiciones de oscilación térmica, esfuerzos mecánicos y resistencia química.