

# SOLUCIÓN AVANZADA Y CONFIABLE PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN Y EL REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES EN ÁREAS HÚMEDAS

**Monica Castillo; Daniel Perez**

**Kerakoll, España**

## RESUMEN

En este documento se aborda un tema crucial en la industria de la construcción y la cerámica: los desafíos que enfrentan los fabricantes de productos en el desarrollo de formulaciones efectivas para prevenir problemas como el desprendimiento de piezas cerámicas que se asocian muchas veces de forma equivocada al sector cerámico.

Se exponen los diferentes estudios que se realizaron para crear un sistema impermeabilizante ideal, totalmente compatible con el recubrimiento cerámico a partir la experiencia con un producto de generación anterior.

Simultáneamente se tratan otros aspectos que representan un riesgo para la colocación: capas impermeabilizantes de baja durabilidad, falta de adherencia entre materiales, baja resistencia al fenómeno de la hidrólisis alcalina, productos aplicados en capa final difíciles de trabajar favoreciendo los errores de instalación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La estanqueidad es una característica esencial en áreas expuestas al agua, sin embargo, es común encontrar problemas relacionados directamente con las infiltraciones. Estos problemas no solo afectan la durabilidad de las estructuras, sino que también pueden tener un impacto negativo en la calidad de vida de las personas (1).

Con el objetivo de proporcionar una solución definitiva a estos desafíos, la compañía ha desarrollado el sistema "Laminado Sin Límites". Este sistema consta de una membrana impermeable de naturaleza cementosa modificada con polímeros que al combinarse con el adhesivo crea un "cuerpo único" que sobresale en términos de impermeabilidad, adhesión y durabilidad.

El mencionado sistema se encuentra diseñado para impermeabilizar bajo el recubrimiento cerámico. Su objetivo principal es proteger la base sobre la cual se instalan las piezas y prevenir los problemas que surgen en la colocación en áreas húmedas. El documento aborda estos problemas detalladamente, expone las diversas complicaciones que pueden ocurrir, como el desprendimiento o rotura de piezas cerámicas, eflorescencias y en general la degradación del sistema cerámico, además, ofrece una alternativa al sistema tradicional para abordar estos desafíos.

En este contexto, se expondrán las distintas investigaciones que se realizaron hasta llegar a la creación del sistema desarrollado por Kerakoll, una de las primeras empresas en el sector construcción en obtener la certificación B Corp. (2), destacando sus características técnicas y su impacto en la construcción sostenible.

## 2. INVESTIGACIÓN

Utilizar recubrimientos cerámicos en superficies exteriores como piscinas, balcones y terrazas puede representar una serie de desafíos y consideraciones específicas.

Además del requerimiento intrínseco de crear materiales que puedan adherirse entre sí se suman las tendencias del mercado cerámico a generar piezas de formatos más grandes, aumentando las solicitudes técnicas de las capas del sistema, asunto que significó para la compañía la necesidad de desarrollar investigaciones que dieran solución a los principales problemas presentados en la colocación en áreas húmedas: Capa impermeabilizante; Adhesión del sistema cerámico; Sensibilidad a la hidrólisis alcalina; Trabajabilidad de las mezclas; Sistemas complejos.

- a) Capa impermeabilizante:** Capa continua de material impermeable, cuya función es impedir el paso del agua. Puede ser permeable o no a la difusión del vapor de agua (3). En zonas húmedas, sin embargo, muchas veces esta capa no se incorpora al sistema o se coloca mediante el método tradicional, es decir; bajo la solera de recrecido dejando una superficie de colocación expuesta, susceptible a procesos de humedecimiento y secado que conlleva a la degradación.



*Formación de eflorescencias salinas y moho en las juntas.*



*Expansión y rotura por formación de hielo.*



*Debilitamiento de la solera por percolaciones*

**Figura 1.** *Patologías presentadas por infiltración de agua*

En construcción, los materiales y sus revestimientos por sí solos no son suficientes para garantizar la estanqueidad necesaria en áreas expuestas al agua (4). Por esta razón, es esencial llevar a cabo una impermeabilización antes de la colocación de cualquier recubrimiento (5) y que dicha impermeabilización se encuentre diseñada para resistir las sollicitaciones a las que estará sometida.

Una de dichas sollicitaciones es resistir la presión del agua ya que si no es así puede dañarse rápidamente, llevar a costosas reparaciones y reemplazos prematuros. La actual versión del producto impermeabilizante, forma una estructura completamente impermeable que garantiza la estanqueidad hasta una presión de 1,5 bares al mismo tiempo que permite la liberación de vapor de agua de los soportes.

La formulación actual ha demostrado cumplir con los estándares más exigentes, incluyendo el ensayo según EN ISO 7783, un requisito fundamental para obtener el marcado CE según EN 1504-2 (protectores de hormigón) donde logra una clasificación: clase I ( $S_d < 5m$ ) permeable al vapor de agua. Esta característica del producto evita la presión por acumulación de vapor de agua en soportes que no están totalmente secos evitando el desprendimiento de las baldosas, eflorescencias y el deterioro general del sistema.

La regulación del proceso de hidratación de los cementos fue un desafío importante en el desarrollo del "Polímero Kerakoll" (6). Este polímero único genera una reacción de polimerización que crea una red de nanoestructuras de poro abierto con un tamaño máximo de 40 nanómetros. Esto es 200 veces más grande que una molécula de vapor, lo que garantiza una excelente transpirabilidad de la membrana.

Las resinas en polvo redispersables se obtienen con el método Spray-dry (7), secando los polímeros en dispersión acuosa mediante aerosoles. Durante la producción del polímero en polvo se utilizan aditivos antiaglomerantes y anticalentamiento que inhiben la hidratación de los conglomerantes hidráulicos.

El entrecruzamiento del polímero se produce mediante un proceso de formación de enlaces químicos llamado Cross Linking (7), para activarlo y completarlo correctamente es necesario suministrar a los grupos funcionales del polímero iones  $Ca^{2+}$  (iones calcio).

Como parte de la investigación realizada, se ha estudiado una mezcla de aglutinantes minerales para el producto impermeabilizante capaz de satisfacer la demanda de iones calcio, favoreciendo la reticulación y la consiguiente creación de una película cohesiva que no está sujeta a hidrólisis y redisolución en agua lo cual se traduce en durabilidad del material.

El correcto equilibrio entre el polímero y la nueva mezcla aglutinante también permitió inhibir completamente la acción de los aditivos anticolor en la fase de pulverización de la emulsión polimérica, mejorando así la hidratación del cemento manteniendo inalterada su reactividad lo cual se traduce en mayor rapidez en los tiempos para continuar con la fase de colocación del pavimento cerámico.

Lo anterior hace que el producto sea totalmente idóneo como capa impermeabilizante, adicionalmente tiene el marcado CM01P según EN 14891 (9) es decir; es ideal para ser empleado bajo baldosas cerámicas para la colocación de baldosas en paredes, suelos y piscinas en el exterior.

- CM: membrana líquida de impermeabilización cementosa
- 01: con resistencia a la propagación de fisuras a baja temperatura (-5°C)
- P: resistente a la inmersión en agua clorada

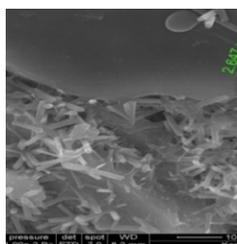
Lo anterior es conforme con la Norma EN 138002 (10) en donde se refiere a la membrana impermeabilizante como el material de impermeabilización monocomponente o multicomponente, aplicado debajo de las baldosas cerámicas que cuando se utilicen en revestimientos con cerámica, debe ser conforme con la Norma UNE-EN 14891 (9).

**b) Adhesión del sistema cerámico:** lograr la adherencia de un adhesivo cerámico sobre un impermeabilizante puede ser problemático ya que la tendencia de los impermeabilizantes es generar superficies no porosas para evitar la infiltración de agua, esto dificulta la adhesión mecánica del adhesivo. Por otro lado, es importante evaluar la incompatibilidad química que pueden tener ambos materiales, algunos morteros impermeabilizantes pueden contener componentes que pueden interferir con la capacidad del adhesivo para adherirse.

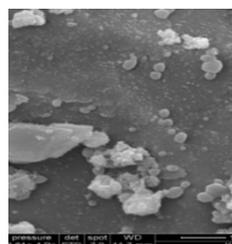
El producto impermeabilizante en estudio ha revolucionado los valores de adherencia que se pueden obtener en un mortero monocomponente a partir de una investigación en los siguientes 2 aspectos: El ligante; Los inertes.

- I. El ligante: mezcla de ligantes minerales seleccionados cuidadosamente para proporcionar una solución ecológica y sostenible que mejora la estabilidad, resistencia y durabilidad.

Esta mezcla permite el crecimiento de cristales a pocos minutos de su mezclado, generando así prestaciones mecánicas anticipadas, aumenta las características de resistencia a la lluvia y a las heladas. La estructura formada por el ligante reduce la pérdida de agua aumentando el tiempo de manejabilidad (efecto gel).



*Cristalización del ligante Kerakoll*



*Cristalización cemento portland*

**Figura 2.** *Cristalización del Ligante Kerakoll vs cemento portland*

Al comparar los tiempos de secado entre la primera y la segunda mano y el tiempo de espera necesario para la colocación del revestimiento entre la versión anterior del producto y dos impermeabilizantes más de la competencia determinó que los tiempos de la nueva versión monocomponente son significativamente más cortos.

Tiempos de espera a 20°C	Versión antigua	Impermeabilizante 1	Impermeabilizante 2	Versión actual
	Bicomponente	Bicomponente	Monocomponente	Monocomponente
Tiempo de espera entre 1ª y 2ª mano	≥ 6 horas	4 - 5 horas	2 días	2 horas
Tiempo de espera para la colocación del revestimiento	≥ 24 horas	≥ 5 días		12 horas

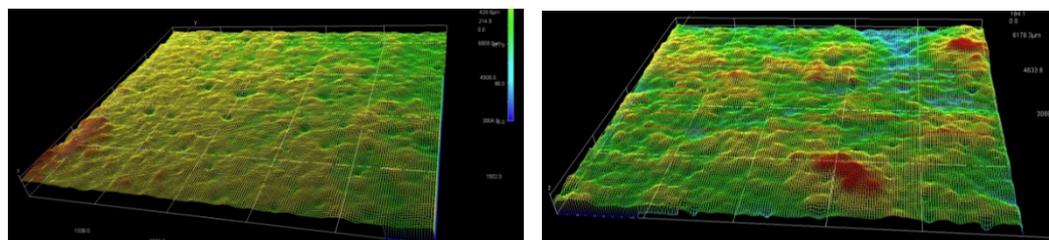
**Tabla 1.** *Comparativo de tiempos de espera*

El logro de las prestaciones mecánicas anticipadas del ligante garantiza la protección y la reducción de los tiempos de colocación para la fácil consecución de los trabajos posteriores.

Para mejorar aún más la durabilidad del producto, se decidió analizar cada componente de la fórmula con el objetivo de aumentar la resistencia del producto terminado. Se incrementa la resistencia a la lluvia y a las heladas y se reducen los tiempos de espera para las fases de trabajos posteriores.

El aumento de cemento en la fórmula y la disminución del carbonato cálcico permitieron mejorar significativamente la resistencia del producto, llevándolo a un nivel óptimo de seguridad.

- II. Los inertes: Para mejorar la adherencia mecánica se intervino la curva granulométrica, logrando incrementar la rugosidad superficial. A continuación, se puede observar la diferencia en la orografía de la versión anterior del producto con respecto a la nueva.



**Figura 4.** Producto de generación anterior vs actual - Comparación orográfica de rugosidad con un sistema modular de videomicroscopía digital 3D

Como resultado de la investigación y de los esfuerzos por crear un sistema indivisible (laminado) compuesto por un impermeabilizante y un adhesivo se obtuvieron resultados de adhesión superiores, en cuanto a la adherencia inicial se obtuvo un valor 4 veces mayor al mínimo exigido por la norma EN 14891 (9).

Ensayo según EN 14891	Requisito de norma	Sistema antiguo	Nuevo sistema integrado
		Bicomponente + adhesivo C2	Monocomponente + adhesivo C2
Adherencia inicial	0,5 N/mm2	0,8 N/mm2	2,2 N/mm2
Adherencia después de contacto con el agua	0,5 N/mm2	0,55 N/mm2	1,1 N/mm2
Adhesión después de ciclos de hielo/deshielo	0,5 N/mm2	0,6 N/mm2	1,0 N/mm2
Adhesión después de la acción del calor	0,5 N/mm2	1,2 N/mm2	2,0 N/mm2
Adhesión tras el contacto con agua clorada	0,5 N/mm2	datos no declarados	0,8 N/mm2
Adhesión tras el contacto con agua de cal	0,5 N/mm2	0,6 N/mm2	1,5 N/mm2
Adhesión tras contacto prolongado con agua de cal (28 días)	0,5 N/mm2	prueba no realizada	1,5 N/mm2

**Tabla 2.** Comparativos valores de adherencia

Una de las ventajas clave del sistema es su capacidad para ser aplicado incluso sobre recubrimientos cerámicos antiguos sin necesidad de ningún tipo de tratamiento previo. Esto no solo simplifica el proceso de impermeabilización, sino que también reduce los costos y el tiempo requerido para llevar a cabo proyectos de renovación o reparación.

- c) Sensibilidad a la hidrólisis alcalina:** La hidrólisis alcalina es un proceso químico en el cual los álcalis, como el hidróxido de calcio (cal), presentes en el mortero reaccionan con el agua y otros compuestos, dando lugar a la formación de productos secundarios que pueden debilitar la estructura del mortero impermeabilizante, causando una pérdida de resistencia, agrietamientos y desprendimientos lo que compromete la impermeabilidad y la integridad del sistema cerámico, además de provocar daños estéticos como eflorescencias.



**Figura 5.** Efectos de la hidrólisis alcalina en un pavimento cerámico

La versión bicomponente del producto en cuestión se encontraba formulada con resina acrílica, poco resistente a la hidrólisis y a la saponificación. Este fenómeno en la obra se desarrolla años después de la colocación por lo que su detección solo se pudo lograr después de haber recibido quejas sobre el producto.

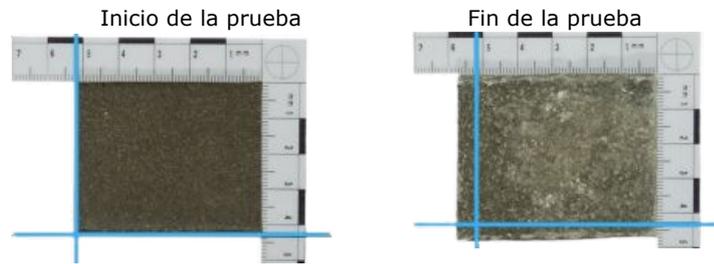
Se realizó una reproducción del defecto en el laboratorio utilizando un método interno para analizar la durabilidad de las membranas. Este método consiste en curar al aire la membrana durante 28 días, luego se introduce en una solución de hidróxido de sodio (sosa cáustica) al 30% y se deja sumergida durante 30 días. Al final de los 30 días se realiza una termogravimetría de la muestra para verificar el contenido orgánico y la consiguiente pérdida con respecto a una muestra no tratada.

El método interno confirma un problema de durabilidad que coincide con las quejas recibidas. Para solucionarlo, se realizó una colaboración con el proveedor para modificar la resina (principal aglutinante del producto) con el objetivo de aumentar la resistencia a la saponificación de la materia prima. Se prueba una resina modificada con la adición de estireno.

La nueva resina acrílica de estireno incluida en la formulación de la nueva versión mejoró significativamente la durabilidad de la impermeabilización en contacto con ambientes alcalinos, así que se decide producir la membrana con la nueva resina acrílica de estireno.

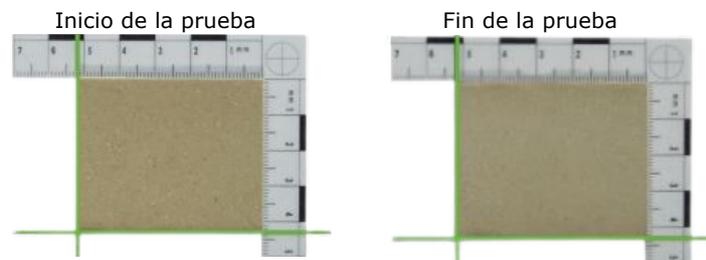
El estudio realizado sobre la antigua versión bicomponente permitió adquirir información importante para transmitir sobre el desarrollo de impermeabilizantes monocomponentes. El método interno creado por el estudio anterior nos permitió identificar la mejor resina a utilizar en el proyecto en términos de resistencia a la hidrólisis y saponificación (resina de acetato de vinilo, etileno y éster vinílico).

Se sometieron morteros de cemento de dos componentes y la versión actual del producto a pruebas comparativas de resistencia a alta basicidad. Los antiguos morteros impermeabilizantes bicomponentes se degradaron a corto plazo, mientras la nueva versión del producto, permanece impermeable con el tiempo:



**Figura 6.** Impermeabilizante cementoso bicomponente

La muestra de mortero bicomponente ha sido sometida a un degradación fuerte e irreversible, se destaca la ampliación de la superficie comprometiendo las propiedades de impermeabilidad, cohesión, adherencia y flexibilidad que pueden transmitirse al recubrimiento cerámico y generar despegues.



**Figura 7.** Impermeabilizante cementoso monocomponente

La muestra de la versión actual monocomponente mantuvo las dimensiones intactas, garantías iniciales de alta calidad rendimiento químico-físico y total impermeabilidad incluso después de la agresión química. La nueva formulación del producto está diseñada para resistir la agresión de los álcalis presentes en soleras y adhesivos de instalación. Distintas pruebas de laboratorio han demostrado que el producto es insensible a la presencia constante de humedad en un ambiente alcalino ( $\text{pH} \geq 12$ ).

El proceso para llegar a la formulación actual enfrente grandes retos, entre estos lograr un balance adecuado de costos y calidad, aumentar la dosificación de material cementante sin disminuir la elasticidad de la impermeabilización, además de lograr una reducción de carbonato micronizado que podría generar problemas reológicos y aumento de la explosividad del polvo (ATEX).

El producto impermeabilizante también resiste ambientes altamente agresivos como piscinas, es insensible a los ataques de iones de cloruro (cloro) que garantiza una protección impermeable para toda la vida del producto.

- d) Trabajabilidad de las mezclas:** Los morteros de capa fina como los impermeabilizantes bicomponentes son difíciles de aplicar en especial a altas temperaturas, estos pueden requerir un esfuerzo significativo por parte del aplicador para extenderlos de manera uniforme sobre la superficie. Esto puede llevar a una aplicación ineficiente y desigual, lo que resulta en áreas con espesores inconsistentes o incluso puntos vacíos, comprometiendo la efectividad de la impermeabilización y la durabilidad del sistema cerámico.

La propuesta de la versión actual además de ofrecer una trabajabilidad excepcional es ofrecer una reología variable, esto quiere decir que el producto puede mezclarse con 5 hasta 6 litros de agua para obtener una consistencia personalizada permitiendo aplicaciones en vertical sin riesgo de descuelgue y en horizontal cubriendo áreas muy grandes en poco tiempo conservando las prestaciones, una propiedad distintiva entre productos de su misma categoría.

La principal materia prima utilizada para la producción del producto impermeabilizante es el terpolímero en polvo que tiene en su interior tres monómeros diferentes: acetato de vinilo, éster vinílico y etileno. Esta materia prima se dosifica en altos porcentajes dentro de la receta y confiere al producto las ventajas reológicas que se encuentran tanto en la fase de aplicación como en la proporción de mezcla.

La proporción de mezcla también se beneficia de esta característica técnica del polímero. El uso de este terpolímero vinílico en particular nos ha permitido aumentar el rango de la proporción de mezcla del polvo premezclado, permitiendo al aplicador modificar la reología del producto según las necesidades de la aplicación o de las diferentes condiciones climáticas.

Su trabajabilidad asegura facilidad de extensión y nivelación, además posee un tiempo abierto más allá del doble respecto a los morteros bicomponentes e impermeabilizantes normales. El alto poder de retención de la resina, muy similar al comportamiento de la celulosa, permite que el producto terminado retenga grandes cantidades de agua y la libere lentamente a la mezcla, equilibrando significativamente los tiempos de reacción y las características técnicas del material ligante y de los polímeros aglutinantes presentes en la fórmula.

La trabajabilidad se beneficia de las características retentivas de la resina en polvo, de hecho, la lenta liberación del agua al soporte permite que la mezcla fresca mantenga sus características reológicas durante mucho tiempo, aumentando en consecuencia los tiempos de trabajabilidad del producto impermeabilizante durante la fase de aplicación.

**e) Sistemas complejos:** Los morteros de cemento-polímero de dos componentes más antiguos originalmente se diseñaron para proteger estructuras de hormigón en condiciones extremas. Sin embargo, surgen complicaciones en la obra cuando se utilizan como impermeabilizante antes de la colocación de baldosas cerámicas con adhesivos cementosos. Esto ha llevado a que los fabricantes tengan que recomendar sistemas complejos y costosos buscando la compatibilidad entre productos, además de sobrellevar los problemas de manejabilidad y durabilidad.

Producto de la investigación realizada surge un sistema compuesto de una versión monocomponente de última generación y un adhesivo totalmente compatible, que satisface las necesidades técnicas actuales de la colocación en áreas húmedas y que además es familiar y seguro para el aplicador, aspecto crucial para minimizar los errores constructivos en las obras.

Además de contar con productos de calidad en la obra es necesario tomar las medidas necesarias para reducir el riesgo de errores, es esencial seguir las instrucciones del fabricante y respetar los parámetros fundamentales para una aplicación segura, como, por ejemplo, los establecidos en la norma UNE 138002:2002 (9): realizar la aplicación del impermeabilizante sobre la capa de regularización y realizar la verificación de la compatibilidad de los productos utilizados.

Para impermeabilizar superficies a revestir con baldosas cerámicas o mosaicos vítreos pegados con adhesivos cementosos es importante que el conjunto de productos utilizados favorezca el máximo rendimiento de adhesión a lo largo del tiempo y que se garantice su compatibilidad entre sí. En este contexto, es ideal la elección de sistemas integrales para cumplir con estas exigencias, como ocurre en el caso del sistema que se ha analizado:

- Mortero impermeabilizante, desarrolla una mezcla fluida y homogénea, regulable variando la cantidad de agua, para obtener la mejor trabajabilidad en relación a las condiciones de la obra, garantizando la máxima adherencia.
- *Adhesivo*, desarrolla una completa humectabilidad del soporte y de la baldosa, lo que garantiza una alta adherencia a los esfuerzos cortantes.

### 3. CONCLUSIONES

- El estudio realizado sobre la antigua versión bicomponente del producto permitió adquirir información importante para transmitir sobre el desarrollo de impermeabilizantes monocomponentes. Se detectó la necesidad de evaluar que la capa impermeabilizante sea resistente a los efectos de la hidrólisis alcalina y a la saponificación ya que es un fenómeno que solo se puede detectar en obra con el paso de los años, esto en pro de extender la vida útil del sistema cerámico y disminuir la huella de carbono.
- La investigación llevada a cabo ha dado como resultado un polímero único que desencadena una reacción de polimerización, formando una red de nanoestructuras de poro abierto en su membrana. Esta característica distintiva garantiza una excelente transpirabilidad, lo que a su vez previene problemas asociados con la acumulación de vapor de agua en soportes que no están completamente secos, evitando así problemas de desprendimiento de las baldosas, la formación de eflorescencias y el deterioro general del sistema.

Además, el estudio de una mezcla de aglutinantes minerales para la versión actual del producto, ha mejorado significativamente la durabilidad del material al crear una película cohesiva que no es susceptible a la hidrólisis y la redisolución en agua.

Como resultado del estudio del comportamiento del polímero en combinación con la nueva mezcla aglutinante se determinó que se mejoró el proceso de hidratación del cemento manteniendo inalterada su reactividad lo cual se traduce en mayor rapidez en los tiempos para la colocación. Estas características hacen que el producto tenga un excelente rendimiento y tiempos de colocación ideales, respaldados por el marcado CM01P según EN 14891.

- El resultado de la modificación de la curva granulométrica y el incremento de la rugosidad superficial en la nueva versión del producto arrojaron valores de adhesión excepcionales, superando en cuatro veces el requisito mínimo establecido por la norma EN 14891.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *FACTORS AFFECTING WATER-TIGHTNESS IN WET AREAS OF HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS*. M.Y.L. Chew, Nayanthara De Silva. 375-383, s.l. : Architectural Science Review , 2011.
- [2] B CORP CERTIFICATION. [En línea] B Lab., 2023. <https://www.bcorporation.net/en-us/certification/>.
- [3] Normalización, Asociación Española de. *UNE 138002:2017. Reglas generales para la ejecución de revestimientos con baldosas cerámicas por adherencia*. Madrid : s.n., 2017.
- [4] *UNE 138002:2017. Reglas generales para la ejecución de revestimientos con baldosas cerámicas por adherencia*. Madrid : s.n., 2017.
- [5] *Waterproofing of Concrete Foundations*. Paula Mendes, J. Grandão Lopes, J. de Brito, and João Feiteira. 2, s.l. : Journal of Performance of Constructed Facilities, 2012, Vol. 28.
- [6] *INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS POLIMÉRICOS EN LA ADHERENCIA TRAS INMERSIÓN EN AGUA*. Juliana de Oliveira, Denise Antunes da Silva. 86-96, s.l. : Qualicer, 2006.
- [7] *The function of polymer dispersion powder in cement based dry mix products*. BONIN, Klaus. Germany : Wacker Polymer Systems GmbH & Co. KG , 2005.
- [8] *Cross-Linking and Structure of Polymer Networks*. MacKnigh, Karel Dusek and William J. Washington, DC : American Chemical Society , 1988.
- [9] Normalización, Asociación Española de. *UNE-EN 14891:2017 Membranas líquidas de impermeabilización para su uso bajo baldosas cerámicas colocadas con adhesivos*. Madrid : s.n., 2017.
- [10] *UNE 138002:2017. Reglas generales para la ejecución de revestimientos con baldosas cerámicas por adherencia*. Madrid : s.n., 2017.
- [11] Asociados. *UNE 138002:2017 Reglas generales para la ejecución de revestimientos con baldosas cerámicas por adherencia*. 2017.
- [12] *The Analysis on Mechanism and Application of Cementitious Capillary Crystalline Waterproofing Coating*. Guo-Zhong L, Wei-Xuan Z, Li-Juan Z, Xiu-Jua. 156-161, s.l. : Proceedings of the International Conference on Mechanics and Civil Engineering (ICMCE 2014), 2014.
- [13] *The Effect of Crystalline Waterproofing Admixtures on the Self-Healing and Permeability of Concrete*. Anita Gojević, Vilma Ducman, Ivanka Netinger Grubeša, Ana Baričević and Ivana Banjad Pečur. <https://doi.org/10.3390/ma14081860>, s.l. : Innovative Materials in the Building Industry: Reducing Building Energy and Minimising Environmental Impacts, 2021.
- [14] *Push-out and bending tests of steel-concrete adhesively bonded composite elements*. Jurkiewicz Bruno, Tout Firas, Ferrier Emmanuel. 111717, s.l. : Engineering Structures, 2021, Vol. 231.
- [15] *Core-Shell Morphology of Redispersible Powders in Polymer-Cement Waterproof Mortars*. Stefano Caimi, Elias Timmerer, Michela Banfi, Giuseppe Storti and Massimo Morbidelli. 1122, s.l. : Polymers, 2018.