

PREVENCIÓN DE LA EFLORESCENCIA EN EL RECUBRIMIENTO CERÁMICO EXTERIOR A TRAVÉS DE LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Colin Cass. B. Ed.

Jefe del Departamento y Profesor de Colocación. Instituto TAFE de Sydney
Sydney, Australia. colin@cass.org

RESUMEN

Es una pena que en un proyecto la fachada exterior o el pavimento queden desfigurados por una acumulación de manchas de eflorescencia.

Estos desfiguramientos que afean son por regla general un depósito a base de calcio que surge de las sales solubles que hay dentro del mortero de base y en cualquier sitio en el sistema de colocación que se hacen insolubles cuando reaccionan con la atmósfera.

Este trabajo se centra en las formas más comunes de la sal soluble (hidróxido cálcico); de dónde viene, y cómo evitar que se presente como una acumulación de calcio en la superficie del recubrimiento cerámico de exterior. En términos más simples, el trabajo establece los dos principios fundamentales para prevenir las manchas de eflorescencia: "limitar el ingreso de agua" y "controlar el egreso de agua".

Una serie de fotografías muestran cómo se puede dirigir el flujo de agua subterránea a salidas prediseñadas para que no aparezcan eflorescencias sobre la superficie del recubrimiento. También señala cómo se puede minimizar el ingreso de agua a través del uso prudente de sellantes y membranas impermeabilizantes. También se han incluido fotos de proyectos en los que se ha evitado con éxito la formación de manchas por eflorescencia.

Con este trabajo se pretende que los arquitectos, diseñadores, constructores e instaladores de baldosas conozcan las opciones que tienen para colaborar en asegurar que no se formen eflorescencias en el recubrimiento cerámico externo.

1. INTRODUCCIÓN

La fabricación, transporte e instalación de un sistema cerámico requiere una inversión de capital significativa, experiencia técnica, y conocimientos de diseño e instalación. Todo el proceso, desde las materias primas, hasta el producto finalizado instalado también tiene una incidencia medioambiental significativa. Por lo tanto, es pertinente para aquellos que están implicados en la entrega de sistemas de recubrimiento finales asegurar el resultado de sus trabajos con un acabado duradero, con un coste de mantenimiento bajo y práctico. Después de todo, éstas son las ventajas clave que las baldosas cerámicas tienen sobre otras superficies de la competencia. Es una pérdida, para la industria cerámica en general, y para los propietarios de edificios en particular cuando lo que podría ser un bello ejemplo de un trabajo de recubrimiento finalizado se haya desfigurado por manchas blancas y feas que surgen cuando los materiales solubles procedentes desde dentro del sistema se endurecen en la superficie. Esta calcificación, a la que nos referimos generalmente, aunque puede que no con propiedad, como eflorescencia puede evitarse normalmente si se realizan pequeñas alteraciones de diseño, mano de obra y uso de materiales.

Este trabajo no pretende ser una exploración científica de la química que subyace a la formación de los distintos tipos de eflorescencia; en vez de esto, tiene como objetivo ser una guía útil pero fácil de entender y válida para los diseñadores, constructores e colocadores de sistemas cerámicos, para que puedan evitar lo eflorescencia que se forma en la superficie de revestimientos de exterior finalizados y suelos. También da detalles de procedimientos que pueden hacer desaparecer la eflorescencia con un bajo índice de probabilidad de que reaparezca. Primero, es de ayuda tener unas nociones básicas sobre la eflorescencia y cómo se forma.

2. ¿QUÉ ES LA EFLORESCENCIA Y CÓMO SE FORMA?

Definición desde el punto de vista químico-Eflorescencia: El proceso de pérdida de agua de hidratación desde un hidrato;

o,

Definición desde el punto de vista de la construcción- Eflorescencia: una acumulación de cristales de calcio y/o sales que desfiguran la parte superior, bordes o partes inferiores de estructuras de albañilería.

La eflorescencia no se puede formar sin agua, razón por la cual este problema sólo se encuentra, casi siempre, en baldosas y ladrillos expuestos a la lluvia y en exteriores. De todas formas, las sales que causan la eflorescencia pueden originarse en la humedad que se filtra desde cualquier parte y en el recubrimiento, como el agua del suelo, macetas, del agua de mezclado o el árido. De forma ocasional, pequeñas cantidades pueden emanar de las baldosas mismas. Hay dos clases principales de eflorescencia, la primera y la secundaria. La eflorescencia primaria se da como parte del proceso de

hidratación de la colocación del cemento y, generalmente, aparece como un vello sobre la superficie de trabajos de construcción recién finalizados. Generalmente, se retira de forma sencilla, cepillando, o bien con un lavado débil mediante un enjuague de 5 partes de agua por 1 de ácido fosfórico. Tiende a no reaparecer.

La eflorescencia secundaria sólo se da cuando la saturación continua o cíclica del material de cemento permite que la cal libre u otras sales dentro de la mampostería se disuelvan y migren a la superficie. Esto es lo que a veces denominamos lixiviación. Las eflorescencias secundarias pueden ser muy difíciles de detener, y pueden continuar lixivándose desde la mampostería durante muchos años. Este trabajo se ocupa de las eflorescencias secundarias. (Foto 1)



Foto 1. Un ejemplo de eflorescencia secundaria con la formación de carbonato cálcico en la superficie de un recubrimiento de escalera en exterior.



Foto 2. Formación de eflorescencia donde la humedad sube desde debajo de las baldosas impermeables a través de grietas en el material de rejuntonado.

2.1. LA EFLORESCENCIA EN RELACIÓN AL TRABAJO DE COLOCACIÓN

La mayor parte de las baldosas instaladas en el mundo se colocan usando adhesivo. Con frecuencia, se aplica el adhesivo sobre una capa de cemento o mortero (revoque o solera de nivelación) usada para hacer que la superficie sea lo suficientemente plana como para realizar una instalación adecuada. Los sustratos que hay tras esta capa intermedia son de nuevo generalmente mampostería u hormigón. Esto implica que los sistemas usuales para colocar las baldosas suministran una abundante cantidad de material de cemento poroso. Estos materiales de cemento contienen grandes cantidades de sal soluble, hidróxido cálcico, (hasta el 20% del peso del contenido en cemento)¹ El hidróxido cálcico se forma durante la fabricación e hidratación del cemento usado en el sustrato o solera de nivelación. Es este hidróxido cálcico que proporciona el ingrediente básico para la formación de carbonato cálcico sobre la superficie de la baldosa cuando las condiciones de exposición son propicias.

Es decir, la sal soluble el hidróxido cálcico ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) puede ser llevada a la superficie de trabajo de colocación por medio de agua regular pero generalmente intermitente cuando reacciona con el dióxido de carbono (CO_2) desde la atmósfera para

¹ <http://www.first-materials.com/prodsvcs/trublmin.html>

formar carbonato cálcico (CaCO_3) cuando se evapora el agua. El hidróxido cálcico no es la única sal soluble que causa manchas de eflorescencia, pero es la sal soluble más abundante en las eflorescencias que se forman sobre los recubrimientos.

2.2. MOVIMIENTO DEL AGUA A TRAVÉS DE LOS MATERIALES DE MAMPOSTERÍA

Obviamente, cualquier filtración de agua en un sistema en un edificio, lo hará siguiendo el camino de la gravedad, encontrando su recorrido hasta el punto más bajo o salida. En las paredes, puede que simplemente salga a la superficie, o bien que llegue a caer al suelo. Si el sustrato de un pavimento tiene una pendiente en dirección a un área que no presenta una salida, éste área de solera de nivelación se saturará y se convertirá en un embalse, para esta agua ahora cargada de sal. Esta solución salina ascenderá hasta la superficie del recubrimiento porque está vinculada a las condiciones más cálidas o secas de la atmósfera a través de un proceso de equilibrado. Si el área de recubrimiento es expuesta a la luz del sol o a condiciones de calidez, actuará como una capa de láminas sobre un área de hormigón húmedo pero aparentemente seco. La condensación se formará sobre la parte inferior de las baldosas y el movimiento natural de la humedad hacia arriba a través de las juntas de las baldosas mostrará el crecimiento de las eflorescencias cristalinas a lo largo de las juntas de las baldosas y en la parte inferior de la superficie de las baldosas. (Foto 2.)



Foto 3. Hormigón tratado con un sellante basado en la nanotecnología repele el agua. Se desconoce la eficacia con morteros friables.²



Foto 4. La aplicación de un sellante penetrante evita o minimiza la penetración de agua a través de las baldosas y el rejuntado

3. CÓMO PREVENIR LA EFLORESCENCIA

No es probable que toda la eflorescencia primaria pueda ser eliminada por completo; este es el motivo por el cual a menudo se la ve como un problema estético y se trata como un asunto relativo al mantenimiento de los edificios. De todas formas, la eflorescencia puede ser virtualmente eliminada a través de una buena práctica de diseño y construcción.

2 Nanovations 3001 additive <http://www.nanovations.com.au/Concrete.htm>

Las dos claves principales para minimizar la eflorescencia son:

- 1 **Minimizar la entrada de agua en el sistema de colocación;**
- 2 **Dirigir el agua que penetra en el sistema de colocación a una salida diseñada.**

PAVIMENTO: Si se quiere minimizar la eflorescencia, es necesario tener una pendiente positiva para las salidas designadas en el sustrato antes de que se aplique cualquier membrana y solera de nivelación sobrepuesta. Esto es así porque el agua que encuentra su camino en el mortero se estancará sobre la superficie de la membrana si existe una pendiente incorrecta y facilitará la formación de eflorescencias sobre el área de estancamiento.

3.1. CÓMO MINIMIZAR LA ENTRADA DE AGUA DENTRO DE LA SOLERA DE NIVELACIÓN DE LA BALDOSA

Esto se puede obtener por tres medios:

- a) Tratando la solera de nivelación de la baldosa tratada con un penetrante líquido impermeabilizante, que sea compatible tanto con la membrana como con el adhesivo que se está usando. Estos penetrantes son generalmente un tipo de silicato metílico o un aditivo de tamaño nano. **(Foto 3)**

o

- b) Aplicando una membrana impermeabilizante tanto bajo como sobre la solera de nivelación;

y/o

- c) Sellando la superficie de las baldosas y juntas de colocación con un repelente al agua penetrante. **(Foto 4)**

Las ventajas de a) tratar la baldosa tratada con un penetrante son;

- Se evita que el agua entre en el lecho de la baldosa (a menos que se rompa).
- El penetrante está en la parte inferior de las baldosas donde es protegido del medio.
- La aplicación de un penetrante líquido es más rápida y menos costosa que un sistema de membrana secundaria (detallado abajo).

Las desventajas de a) tratar la solera de nivelación de la baldosa con un penetrante son las siguientes:

- El sistema es rígido. Si la solera de nivelación se agrieta el agua entrará en la solera de nivelación y saldrá de nuevo a la superficie por medio de la acción capilar y térmica. Esto dará como resultado la formación de eflorescencias cerca de las grietas.

- La naturaleza porosa de la mayor parte de las soleras de nivelación de los recubrimientos limitan la efectividad de productos tipo silicato metálico.
- El proceso lentificará el proceso de revestimiento debido al tiempo de curado requerido para la solera de nivelación y el penetrante.
- La colocación en húmedo de las baldosas no puede ser llevada a cabo con este método.

Las **ventajas** de b) aplicar una membrana impermeabilizante tanto sobre como bajo la solera de nivelación; Ver **Figura 1**.

- Excluye la humedad de la solera de nivelación de la baldosa.
- Una mejor capacidad para resistir el movimiento y cualquier agrietamiento de la solera de nivelación.

Las **desventajas** de b) aplicar una membrana secundaria sobre la solera de nivelación tratada;

- Duplicar la membrana tiene un coste doble con respecto a la impermeabilización.
- El proceso ralentizará el proceso de revestimiento porque la solera de nivelación tiene que estar lo suficientemente seca para evitar un fallo en la membrana secundaria.
- Las juntas de cordón/rompedoras de unión esenciales en la membrana secundaria en la unión de pared/suelo pueden interferir con el proceso de colocación. La colocación puede que tenga que finalizarse a 5mm o más desde las paredes.
- Algunos de los productos químicos empleados pueden no ser compatibles con el adhesivo de la baldosa y la membrana. Nota: debido a la unión adhesiva de las baldosas NO se deben de utilizar membranas de poliuretano a base de disolventes como un sistema de membranas secundario.
- Con este método no se puede utilizar la colocación en lecho húmedo de las baldosas.

NOTA: Es aceptable disponer de tan solo una membrana en la parte superior de la solera de nivelación y esto reduce algo el coste y los atrasos; de todas formas, es crítico y difícil detallar las juntas de cordón o rompedoras de unión porque deben de darse en la unión entre la pared y el suelo y estar contenidas dentro del grosor de la baldosa.

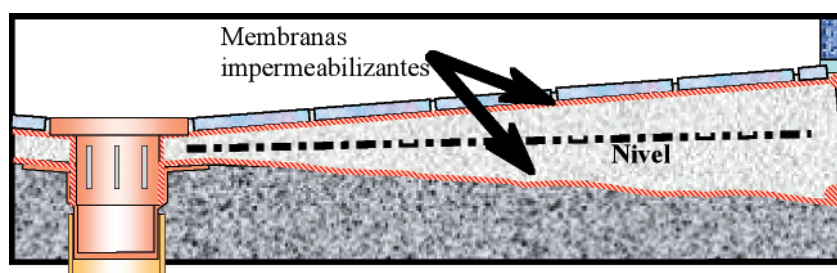


Figura 1. Membrana impermeabilizante en la parte superior de la solera así como sobre el sustrato.

Las **ventajas** de c) sellar la superficie de las baldosas y juntas de colocación con un repelente al agua;

- No retrasa el proceso de revestimiento.
- Es posible colocar las baldosas en húmedo.
- Hacen que la baldosa y el material de rejuntado sean más resistentes a las manchas.

Las **desventajas** de c) sellar la superficie de las baldosas y las juntas de colocación con un repelente al agua;

- Las grietas menores en el material de rejuntado llevarán a una penetración de agua.
- El agua se acumulará en la superficie lo que puede hacer decrecer la resistencia al resbalamiento de la superficie finalizada.
- El sellante de superficie requerirá una re aplicación periódica..

No se debe de confiar en este sistema como un método único para minimizar las eflorescencias ya que puede que el agua entre finalmente a través de pequeñas grietas en el sistema.

3.2. PERMITIR QUE EL AGUA QUE PENETRE EN LA SOLERA DE NIVELACIÓN DRENE

- Este método de prevención de eflorescencias depende del agua que penetra la solera de nivelación drene a una salida designada. Por lo que, es un imperativo que haya caídas positivas en el sustrato antes de que se aplique cualquier membrana de impermeabilización o solera de nivelación sobrepuesta. Ver **Figuras 2 y 3**.

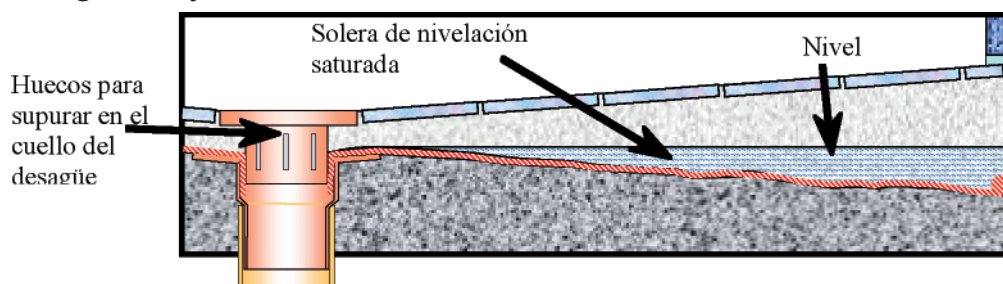


Figura 2. Membrana sobre pendiente negativa en sustrato. Debe de evitarse, ya que se darán eflorescencias con casi total seguridad.

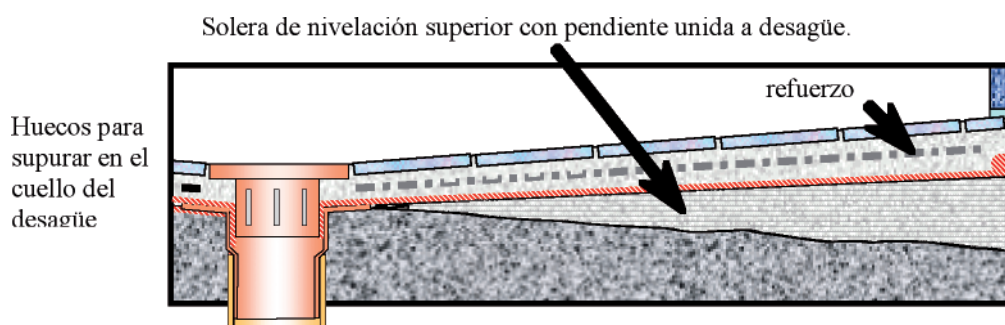


Figura 3. La membrana actúa como una hoja de resbalamiento por lo que se requiere una solera de nivelación reforzada. Aún así pueden subir las eflorescencias desde el mortero de base.

Las maneras clave para eliminar el agua (cargada de sal) que haya encontrado su camino hasta dentro del mortero es permitir que escape por el cuello de cualquier puerta de drenaje o sumidero. En otras palabras, no permitir que la puerta sea sellada a la membrana a no ser que haya huecos para fugas en el lateral de la puerta. Ver **foto 5**. A su vez, asegurarse de que la capacidad del drenaje es suficiente para permitir una fácil evacuación del agua de superficie, o el agua de reserva volverá a entrar en el sistema de fundación a través de huecos que supuren. Tenga cuidado de que no decrezca el diámetro del desagüe a medida que se acumulan sales en el tubo.

No permitir que el sustrato caiga para ir a parar a un ángulo libre a menos que el agua cargada con sal sea recogida por medio de una canalización, o a menos que el área no vaya a verse afectada de forma adversa por la aparición de eflorescencias. (Ej. El lecho de un jardín) **Foto 6**.

Un ángulo “sellado” “que detiene el agua” debería de estar encajado en los bordes libres y detrás del canto romo de la parte superior de las escaleras, asegurando una caída positiva en el sustrato desde la parada del agua hasta la salida de drenaje. La punta vertical del ángulo de “parada de agua” debería de finalizar nivelada con la superficie del revestimiento. (Los ángulos de parada del agua suelen ser extrusiones de 90 grados de metal o plástico selladas a la superficie o incorporadas al sistema de impermeabilización). Ver **figura 4**. Esto evitará que el agua que entra en la base sobre el forjado escape sobre el ángulo libre. A menudo, en escaleras es aconsejable tener un canalón de superficie que baje a lo largo del lateral de la escalera con una célula de drenaje detrás de él, de esta forma, la única eflorescencia que se puede formar en las contrahuellas de escalera y peldaños es de la limitada cantidad de hidróxido cálcico disponible en el revestimiento de escalera. **Foto 7**.

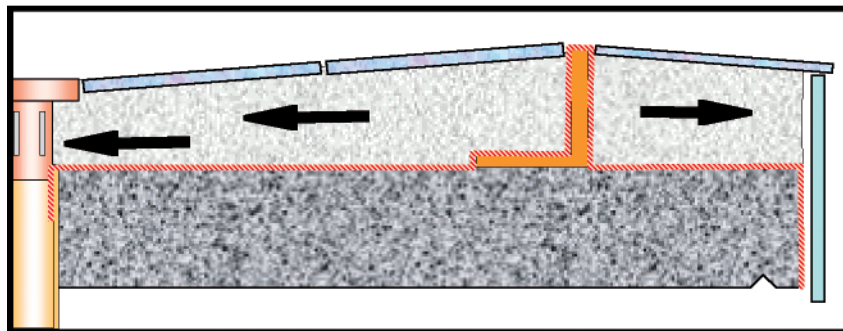


Figura 4. Detalle del ángulo de parada del agua. Los ángulos pueden evitar que pase el volumen de agua en la solera de nivelación de un forjado sobre un borde libre o un tramo de escalera.

Debido a que el agua subterránea seguirá el curso más fácil, en áreas grandes, o donde se espera que haya grandes volúmenes de agua subterránea, se puede colocar material celular de drenaje en la impermeabilización, debajo de la solera de nivelación, para facilitar el movimiento del agua hasta una salida designada. **Foto 8**.

Si se cree que la eflorescencia va a ser un problema, es una buena práctica el combinar los aspectos relevantes de los principios 1 y 2 anteriores.



Foto 5. Cuando el desagüe está abierto en su cuello, y hay una pendiente del sustrato al desagüe las eflorescencias se forman a lo largo del tubo de desagüe y no sobre las baldosas.



Foto 6. Allí donde la pendiente en el sustrato lleva a un borde libre, se formará eflorescencia en las contrahuellas de escalera. Para evitar este problema tenga un ángulo que pare el agua sellado al suelo en el borde o a 1 baldosa detrás del borde, y tenga el sustrato tras el ángulo inclinado hacia un desagüe.



Foto 7. Una alcantarilla bajo el lateral izquierdo de las escaleras que contiene material celular de drenaje bajo la baldosa, llevará el agua que llega del rellano y evitará que emerja a través de las contrahuellas de escalera



Foto 8. El tejido celular de drenaje bajo la solera de nivelación facilita dirigir el agua subterránea a las salidas designadas.

REVESTIMIENTO: La mayor parte de los procedimientos explicados arriba y establecidos para el pavimento pueden ser aplicados igualmente a los revestimientos; no obstante, la fuerza de adherencia de los sistemas multicapa debe de ser satisfactoria para la masa de las baldosas que están siendo usadas, y se recomienda que los revestimientos de más de 3 metros de altura deben de estar sobre un sistema a medida. El factor más importante para evitar las eflorescencias en el revestimiento de paredes, es prevenir la infiltración de agua que se da usualmente a través de un sistema de remate en la parte superior de los bordes expuestos.

JUNTAS DE MOVIMIENTO: Es esencial limitar la infiltración de agua tanto en los sistemas de revestimiento de paredes como de suelos a través de juntas de control de movimiento adecuadamente diseñadas. Normalmente, esto conllevará la preparación de la superficie, imprimación, uso de materiales de apoyo de las juntas, la

provisión de las razones ancho–profundidad recomendadas para el sellante, y el uso de sellantes adecuados para el nivel exterior. También se debería de facilitar un programa de mantenimiento par las juntas de sellante.

4. CÓMO ELIMINAR LAS EFLORESCENCIAS

Si se han formado eflorescencias y éstas tienen que ser eliminadas, se recomiendan los siguientes procedimientos.

- Rascar físicamente cualquier acumulación por medios mecánicos. Si se usan cepillos mecánicos, asegurarse de que tienen cerdas de acero inoxidable.
- Recoger, meter en bolsa y eliminar residuos.
- Comprobar que los ácidos no afecten de forma negativa a las baldosas. Si lo hacen, usar un limpiador quelante (más abajo).
- Lavar la superficie con ácido fosfórico mezclado con 5 partes de agua; repetir el lavado hasta que las manchas se han disuelto. Se pueden usar, con suma precaución, ácidos más agresivos como los clorhídricos/muriáticos.
- Enjuagar la superficie libremente con agua, y neutralizar con un amoniaco suave y una solución de agua u otro neutralizador.
- Permitir secar y verificar los resultados, repetir el lavado con ácido si es necesario.
- Tras la preparación, tratar de establecer donde puede estar entrando agua en el mortero tras el revestimiento, e implementar los métodos de reducción de la infiltración de agua establecidos en 1. arriba. Por regla general, el tratamiento mínimo tras la limpieza es el sellado con un sellante hidrófobo penetrante.

Los limpiadores quelantes, como los que contienen ácido tetraacético de etilenodiamina (EDTA), con excepción de los que no se muestran muy agresivos cuando se están tratando eflorescencias sobre piedra calcárea como piedra caliza y mármol, pueden tener el beneficio añadido de convertir en solubles las sales insolubles, limitando así el hidróxido cálcico disponible para una liberación futura. De todas formas, y en casos de eflorescencias severas, los agentes de limpieza quelantes no convertirán suficientes sales solubles en insolubles para que constituya una diferencia significativa.

La regla de oro para todos los sellantes y agentes de limpieza es probarlos antes sobre un área pequeña y apenas visible.

Se ha observado que la ceniza volante de Clase-F o la metacaolín en mezclas de hormigón puede bloquear cantidades significantes de hidróxido cálcico; de todas formas, el autor no ha podido encontrar resultados de ensayos que establezcan que este método fue capaz de reducir eflorescencias en morteros de cemento friables como los usados en los pavimentos cerámicos.

5. RESUMEN

Se puede evitar que la principal forma de eflorescencia que desfigura el trabajo con baldosas, la derivada del hidróxido cálcico, cause desfiguraciones significativas y recurrentes si se siguen unas normas de diseño que se consiguen fácilmente. Son las “limitaciones de ingreso de agua” y los “controles de egreso de agua”. Hay toda una serie de opciones con las que se puede minimizar el ingreso de agua en el sistema de revestimiento, incluyendo la unión, impermeabilización y sellado. La eflorescencia no se puede formar sin agua. Por lo que, en el caso de que, eventualmente, el agua logre penetrar el sistema de revestimiento, es crucial que el agua sea dirigida a una salida para que cualquier eflorescencia que se pueda formar esté en una localización predeterminada y apenas visible. La canalización del agua subterránea se logra a través de las pendientes en el sustrato, caminos subterráneos a través de células de drenaje en la base, y a través de la incorporación de ángulos para detener el agua en o cerca de los bordes libres. Si se siguen estas reglas, se puede eliminar la eflorescencia de la cara de los revestimientos exteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Efflorescence in concrete” 2006 Cement & Concrete Association of New Zealand, Level 6, 142 Featherston Street, PO Box 448, Wellington, <http://www.cca.org.nz/shop/downloads/IB44.pdf>
- [2] Eric Doehne, Conservation Scientist, Getty Conservation Institute. Charla presentada en el Australian Institute of Architects. Sydney. 2006 <http://www.getty.edu/conservation/science/salt/index.html>.
- [3] <http://www.globalsafe.com.au/What%20is%20Efflorescence.pdf>
- [4] NSW Master Builders Guide to External Waterproofing: Balcony Decks 2007 enquiries@mbansw.asn.au
- [5] Advanced Cement Technologies, LLC. PO B0X 4966 Blaine, Washington USA
- [6] <http://www.metakaolin.com>
- [7] “Out Damn Spot” Peter Hartog, Discovering Stone Magazine. Australian Tile Publications No. 4. 2004
- [8] Nanovations Pty Ltd, 7 Miami Place Frenchs Forest NSW 2086 Australia
- [9] <http://www.nanovations.com.au/Concrete.htm>
- [10] Lea’s Chemistry of Cement 7 Concrete: Elsevier Butterworth-Heinemann 4ª edición, varios autores. 2004