



Protección contra la humedad en edificios históricos

ALBERTO CEDEÑO VALDIVIEZO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN
UAM XOCHIMILCO
alberto_cede@yahoo.com.mx

Arquitecto por el IPN, Maestro en Arquitectura por la UNAM, Doctorado en Urbanismo por la UNAM. Posdoctorado en la Universidad de Buenos Aires. Realizó los cursos de especialización: *Restauro dei Monumenti e Centri Storici* y *Pianificazione Urbanistica Applicata alle Aree Metropolitane* en Italia, y los Diplomados en *Administración Pública* del Centro de Investigación y Docencia Económicas y *Manejo de Computadoras Compatibles PC*, en la UNAM. Estudios de Maestría en Administración Pública en el IESAP y de Desarrollo Urbano del Colegio de México.

Profesor investigador Titular C, miembro del Departamento de Tecnología y Producción, CyAD, Xochimilco. Desde 2006 es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Ha publicado más de 40 documentos entre artículos, capítulos de libro y libros; ponente en eventos académicos y diferentes proyectos de investigación. Ha trabajado como restaurador de monumentos para la Dirección General de Sitios y Monumentos, como auditor de obra para el Infonavit, como Jefe de Departamento de Supervisión de Obras de la SEP y como Subdirector de Servicios Generales en la Conade.

La presencia de humedad en edificios antiguos es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta un restaurador al intervenir este tipo de edificaciones. Si bien esto resulta sencillo de resolver cuando se trata de una construcción en ciernes, se complica cuando el inmueble ya existe, y más cuando se trata de un inmueble antiguo, ya sea por el grosor de sus muros o por el tiempo en que ha estado expuesto a procesos de degradación por la humedad. Proporcionar algunas ideas de cómo afrontar estos retos es el objetivo de este trabajo, para ello se han revisado y retomado algunas propuestas realizadas por especialistas italianos y españoles, debido a los avances tecnológicos en este campo de estudio. **Palabras clave:** *humedad, edificios históricos, impermeabilización, humedad capilar, inyecciones químicas.*

The presence of damp in old buildings is one of the most serious problems faced by restorers working to restore these types of buildings. While the problem of dampness is easy to solve when a building is in its infancy, it is more difficult in an existing building, and even more so when it is old, whether because of the thickness of the walls or because it has been exposed to degradation processes due to damp for a long time. The goal of this paper is to provide some ideas of how to confront these challenges. Some proposals made by Italian and Spanish specialists, which have been enabled by technological advances in this field of study, are revised and revisited. Keywords: humidity, historical buildings, waterproofing, rising damp, chemical injections.

INTRODUCCIÓN

En este texto el término “humedad” se refiere al agua que impregna un cuerpo. Esta humedad puede provenir del subsuelo, del aire o por efectos de la lluvia. En el ámbito de la edificación, el agua siempre va a ser el enemigo número uno de los materiales de construcción, así que para evitar que ésta impregne a dichos materiales, es necesario pensar en formas de impermeabilización. Así, el evitar que el agua transite a través de un cuerpo poroso se le llama impermeabilidad, y al material que realiza esta función se le conoce como impermeabilizante. En la antigüedad se empleaba paja, hojas, ramajes, lajas de pizarra.¹ En México fue muy utilizada la impermeabilización con base en alumbre, jabón, nopal y aguacal.

La protección de un inmueble contra la humedad, garantiza que el deterioro del mismo sea más lento que cuando no se protege. Como señalamos líneas antes, el agua es el principal causante de este deterioro en los materiales de construcción; en la madera, por ejemplo, favorece el desarrollo de factores biológicos que posteriormente se convertirán en los causantes de tal deterioro. Los edificios históricos construidos en México durante los siglos XVI al XIX se elaboraban con sillares de piedra natural o ladrillos con arcillas de la zona, cuya unión se realizaba con mortero de cal. Este mortero, comparado con los actuales aglomerantes basados en el cemento, era más elástico y con una escasa capacidad adhesiva, muy apropiado para muros porque de esta manera podían producirse deformaciones repartidas sin el riesgo de daños concentrados, y así era posible construir largas paredes sin juntas. Este tipo de unión, elástica, tenía la propiedad de disminuir los efectos de los movimientos de cada sillar causados por las variaciones de temperatura, además poseía la capacidad de rechazar la humedad absorbida por el muro. Baglioni y Guarnerio señalan que:

En las paredes de sillares de granito, las juntas de mortero de cal representaban el único medio para hacer respirar las paredes; si la misma pared se refuerza ahora

con un mortero que contenga cemento, la humedad permanece en el interior de los estratos más inalcanzables y podría, en algunos casos, causar el colapso de las paredes.²

La sustitución de los materiales tradicionales por otros “modernos” no ha solucionado tal problema de deterioro; por el contrario, los materiales contemporáneos parece que están pensados para durar menos tiempo. Los impermeabilizantes actuales, muy sofisticados, no obstante la calidad de sus componentes o el costo que alcancen, no han logrado ser una solución realmente efectiva y conveniente, y los usuarios regularmente tienen que sustituirlos al poco tiempo que fueron colocados.

La humedad que afecta a los edificios puede ser producida por varias causas: capilaridad, penetración, condensación y accidental. Todas están íntimamente relacionadas y, a menudo, la humedad accidental puede provocar otras, especialmente la de condensación.³ Los edificios históricos normalmente son afectados por el agua de lluvia o del subsuelo. La difusión de la humedad en los muros se produce exclusivamente por capilaridad. Este fenómeno puede alcanzar dimensiones alarmantes en los muros de los viejos edificios, pues a menudo se produce con un contenido de agua igual o incluso superior a 30% de su volumen. Los daños que se derivan de ello, de acuerdo con Baglioni y Guarnerio, además de los de salobridad del ambiente, son:

- I. Destrucción de aplanados y morteros, y su posterior desprendimiento por eflorescencia.
- II. Desprendimientos y desmenuzamiento superficial por la presión de las sales cristalizadas.
- III. Resquebrajamiento a causa del hielo.
- IV. Transporte de sales del interior al exterior (eflorescencia).

2. A. Baglioni y G. Guarnerio, *La rehabilitación de edificios urbanos. Tecnologías para la recuperación*, Barcelona, Gustavo Gili, 1988, p. 114.

3. C. Gispert, *Biblioteca Atrium de la construcción*, Barcelona, Océano, 2006, p. 77.

1. J. Coscollano, *Tratamiento de las humedades en los edificios*, Madrid, Thomson, Paraninfo, 2000, p. 1.

Al respecto Coscollano abunda:

El proceso destructivo se origina por la acción del agua sobre las sales contenidas, tanto en las piedras y arcillas como en el mortero de asiento y llagueado, diluyéndose en ella y progresando hacia el exterior por efecto de la evaporización, donde al desaparecer el agua cristalizan formando unas manchas blancas denominadas “eflorescencias”, compuestas por sulfatos, carbonatos o cloruros, tan molestas estéticamente al conjunto de la edificación o reventamientos de revenimientos por aumento de volumen con desprendimientos de material.⁴

En los muros aparentes o sin aplanado, las eflorescencias son discontinuas y pueden aparecer sólo sobre algunos ladrillos (como consecuencia de las diferentes calidades de la arcilla); por el contrario, en los muros con aplanado, la separación entre zona húmeda y zona todavía seca, está marcada, a menudo, por eflorescencias en forma de tiras continuas. Si las sales cristalinas se forman justo debajo de la superficie, causan una erosión superficial conocida como criptoeflorescencia y, si el estancamiento de las sales cristalinas es tan importante como para continuar indefinidamente esta erosión, se llega al completo decaimiento del ladrillo.⁵

Las sales minerales que se forman generalmente son: el sulfato de calcio, el sulfato de sodio y el sulfato de magnesio, y tienen su origen en el terreno (especialmente arcillosos), en la cal, en los ladrillos de arcilla y en el contacto con el agua o con el aire de mar. “La impermeabilización superficial es aconsejable tan sólo en los casos de eflorescencia por condensación del aire o por penetración de la lluvia. Por el contrario, es nociva cuando deriva del agua absorbida en la estructura.”⁶

La valoración de la humedad en un edificio antiguo se hace, primero, midiendo la humedad del aire con un higrómetro o un psicrómetro; posteriormente, si la estructura es segura, se deberían extraer muestras con un tubo dentado que penetra hasta una profundidad de 15 o 20 cm bajo la

superficie, es decir, hasta donde el elemento constructivo no sufre ya la influencia de la humedad atmosférica.⁷ Este método llamado “del carburo” se complementa introduciendo el polvo de la piedra y el ladrillo en un cilindro metálico que contiene cápsulas de carburo cálcico, que al agitarse produce gas acetileno, el cual es medido por un manómetro incorporado al cilindro, y de ahí se pasa a las tablas de conversión para conocer el porcentaje de humedad.⁸ Se pueden adoptar igualmente técnicas de investigación no destructivas:

en particular, la termografía, la cual, además de ser aplicada como un complemento de las investigaciones destructivas para la lectura de muestras de laboratorio, permite, con la misma eficacia y de manera más inmediata, determinar la humedad en las estructuras y en las paredes de un edificio poniendo en evidencia su distribución y sus niveles.⁹

DIFERENTES TIPOS DE HUMEDAD Y SOLUCIONES

ASOCIADAS

Para establecer la ausencia o la presencia de humedad, es indispensable la medición del grado higrométrico del aire y del contenido de agua de las partes de albañilería. La existencia de determinadas cantidades de agua en partes de la construcción ayuda a definir el origen de la humedad.

Humedad capilar o ascendente

Es el tipo de humedad que afecta los muros o paredes de planta baja, transmitida a través de los cimientos y zonas inferiores de las paredes. Los desprendimientos del aplanado, enyesado, pintado o empapelado, la aparición del salitre, mohos, etc., son evidencias que caracterizan las paredes afectadas por las humedades capilares, cuya agua proviene del subsuelo y es transportada hacia arriba a través de los conductos capilares de los materiales porosos de las paredes.¹⁰ En los edificios históricos, debido a que los muros de piedra y ladrillo realizaban función de cimientos como muros de carga, y en la medida en que

4. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 180.

5. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, pp. 114-115.

6. *Ibid.*, p. 115.

7. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*

8. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 182.

9. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 116.

10. C. Gispert, *op. cit.*

el espesor de los mismos es mayor, se requiere una mayor superficie de evaporación y por no existir elementos hermetizantes a la humedad. La ascensión del agua se produce por “capilaridad” y “por el fenómeno de electroósmosis inversa, como consecuencia de la conductividad eléctrica de los metales contenidos en ellos y el terreno”.¹¹

“La eliminación de este tipo de humedad es lenta y muy costosa, asumiendo que no siempre se consigue el 100% de resultados”.¹² Los factores que determinan el surgimiento de éste son dos: la porosidad de los materiales que determina la subida del agua por capilaridad, y la presencia de mantos freáticos u otra fuente hídrica incontrolable que produce embebecimiento estacional del terreno.¹³ Contra esta humedad ascendente “se pueden utilizar dispositivos que resuelvan radicalmente el problema, impidiendo su subida, o bien que se limiten a evitar el contacto húmedo con los ambientes de vida”.¹⁴

Remedios

Hay que tener en cuenta que si se impermeabiliza la superficie queriendo evitar la causa, la humedad ascenderá a mayor altura hasta poder evaporar el agua.¹⁵ “Se pueden usar dispositivos que resuelvan radicalmente el problema, impidiendo su subida, o bien que se limiten a evitar el contacto húmedo con los ambientes de vida”.¹⁶

Al primer tipo pertenecen:

- Las cámaras verticales externas.
- Las barreras según el espesor del muro.

Al segundo:

- Los contramuros internos.
- Los sotanillos o las estratificaciones aislantes debajo de los pavimentos.
- Otros procedimientos para el saneamiento de los muros.¹⁷

11. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 181.

12. *Ibid.*, p. 177.

13. R. Gullí, *Il recupero edilizio in ambito sismic*, Monfalcone, Edicom Edizioni, 2002, p. 53.

14. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 116.

15. C. Gispert, *op. cit.*, p. 78.

16. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 116.

17. *Ibid.*

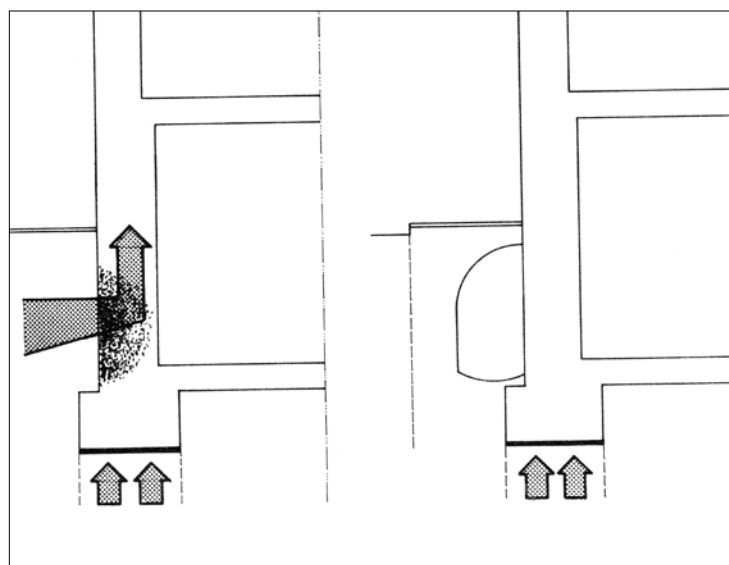


Figura 1. La construcción de una cámara no sólo protege de la humedad del terreno, sino que también reduce la pérdida de calor del sótano y, por lo tanto, es una ayuda contra la condensación estival. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *op. cit.*, p. 120.

Las cámaras perimetrales exteriores o intersticio. Este método busca reducir la humedad del terreno.¹⁸

Puede ser un remedio eficaz si se respetan algunas observaciones: primero será oportuno intentar que se realicen al aire libre, y cuando esto no sea posible, se deben de tomar medidas con cualquier otro medio para su ventilación. “Por ejemplo, con grandes rejillas (por lo menos de un metro cada cuatro metros de cámara o intersticio), o con chimeneas de tiro. Si la humedad del muro proviene de los cimientos, el intersticio resuelve el problema sólo en parte”¹⁹ (Figura 1).

Barreras del espesor del muro. Este método consiste en la colocación de una barrera física de material impermeable a todo lo largo y ancho del muro mediante un corte profundo, la inserción posterior de material plástico de gran resistencia a la compresión (hasta 600 kg/cm²), y una inyección de mezcla epóxica a baja presión con arena de cuarzo, polvo de mármol y carbonato de calcio.²⁰ El objetivo es crear una barrera continua de material impermeable a lo largo de toda la sección expuesta a la acción de la humedad (Figura 2).

18. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 177.

19. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 118.

20. R. Gullí, *op. cit.*, p. 54.

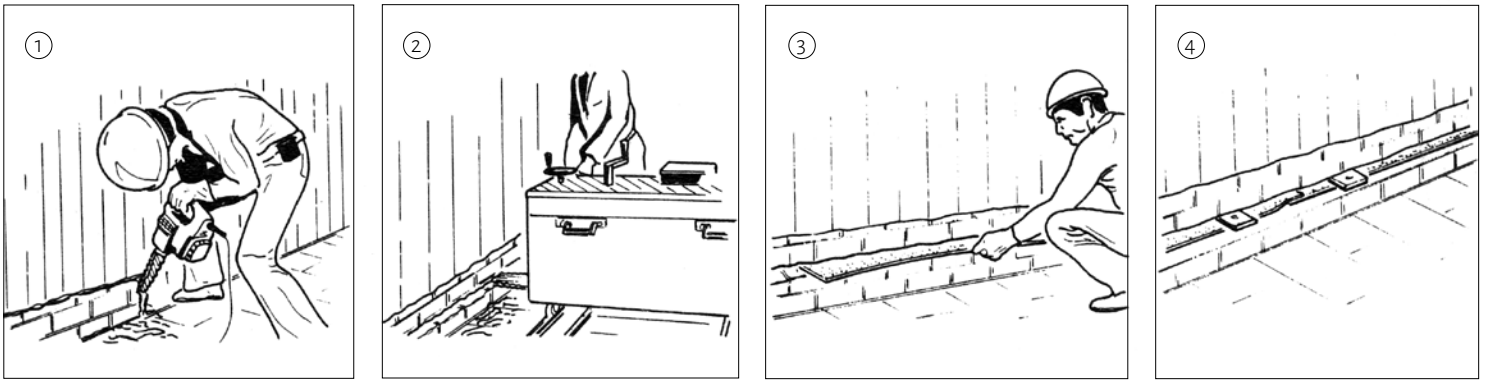


Figura 2. Se quita el aplanado hasta 10 cm por encima del nivel del corte, que será al menos 30 cm por encima de la humedad. Se corta el muro en secciones de un metro sí y un metro no. Se procede a colocar el impermeabilizante y se resana. Terminado se inicia con las secciones de un metro que no fueron intervenidas inicialmente. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *Ibid.*

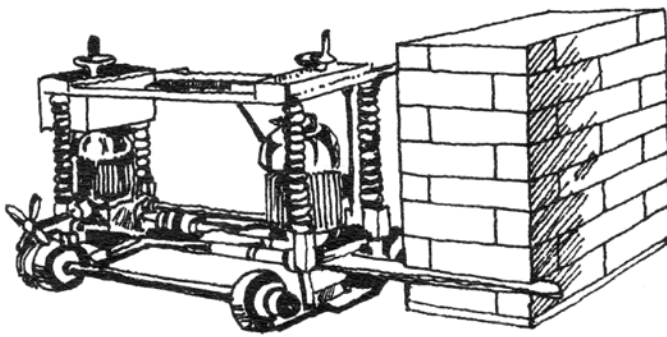


Figura 3. Máquina corta muros de Edil-Comer de Bagnolo in Piano. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *Ibid.*

La operación más laboriosa es el corte del muro, ya que se trata de espesores que varían de 30 cm a 90 cm o más. La resina poliéster como impermeabilizante es particularmente ventajosa desde el punto de vista estructural, por las propiedades elásticas del material. Los cortes del muro pueden realizarse con máquinas corta muros; estos cortes, seccionando horizontalmente las partes, permiten la inserción de material aislante que obstaculiza la ascensión del agua del subsuelo²¹ (Figura 3). Para evitar fallas estructurales, los cortes se realizan un metro sí y otro no, impermeabilizando los tramos que se perforaron. Al finalizar, se inicia con aquellos tramos que no se perforaron, así hasta terminar. Desde el punto de vista estructural, esta solución no se aconseja, en particular, en ambientes sísmicos, ya que origina una discontinuidad constructiva y estructural y, por lo tanto, una desconexión entre la cimentación y lo desunido de la mampostería.²²

21. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 118.

22. R. Gullí, *op. cit.*, p. 54.

Los contramuros. “Son paredes delgadas separadas con una distancia de cinco o 10 cm de la pared húmeda”. Es necesario respetar ciertas restricciones, como no tener ningún contacto con la pared húmeda a menos que se haga con materiales impermeables, no tener aislamiento en la base, ninguna abertura en el contramuro para la ventilación del intersticio formado y ventilación del intersticio hacia el exterior, si se trata de humedad por condensación. “Se ha probado que en los entrepisos y plantas bajas, la humedad procedente del pavimento representa más de la mitad de la humedad total del ambiente”, por lo que se deben reparar estos pavimentos, pues la humedad puede provenir del subsuelo y ser, por lo tanto, ascendente, o bien por contacto del aire atmosférico con el pavimento frío y ser, por lo tanto, de condensación. Existe un tipo de solera o sotanillos que sirve para ambos casos²³ (Figura 4). Los criterios que se deben respetar son:

- empleo de materiales de bajo peso específico y muy secos.
- protección de asfalto bajo los sotanillos, para que estos se conserven muy secos.
- aislamiento absoluto y total del pavimento por medio de plintos y estructuras de concreto armado.
- resistencia térmica R de los sotanillos, no inferior a $1 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$.²⁴

23. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*

24. *Ibid.*, p. 121.

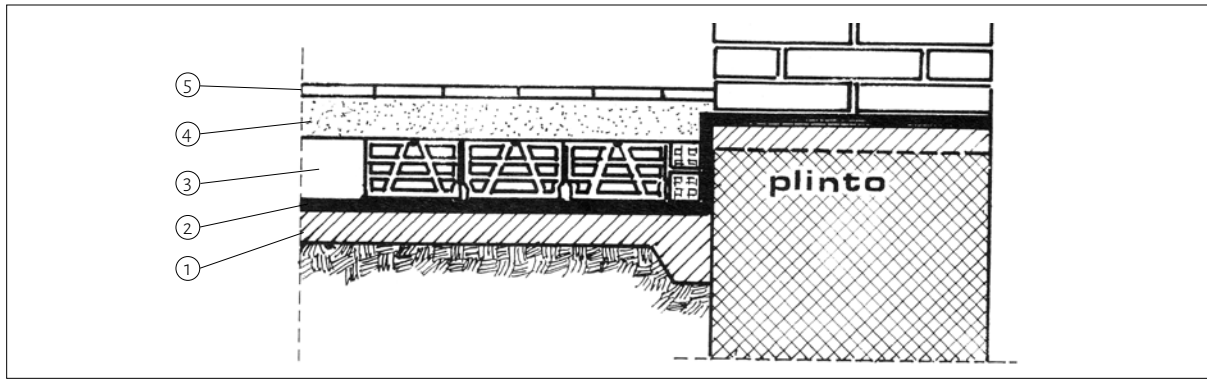


Figura 4. Solera Sanamuro. Las capas son: 1) grava de base; 2) asfalto; 3) ladrillos huecos de tres series; 4) piedra pómez y mortero de cal; 5) pavimento. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *op. cit.*, p. 125.

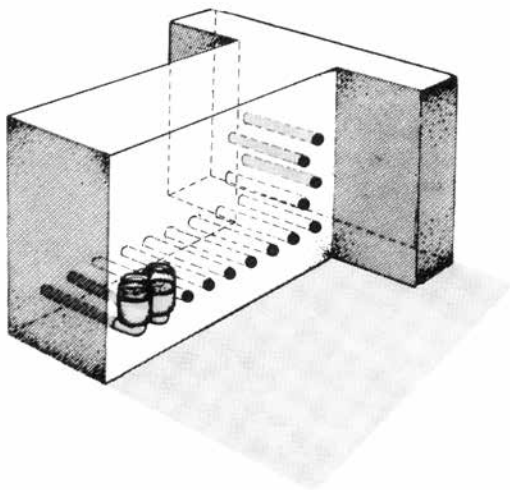


Figura 5. Mejor aún que los procedimientos por inyección, es el de transusión lenta patentado por Peter Cox Internacional; este procedimiento logra la penetración lenta de resinas en la mampostería, independientemente del estado de impregnación o saturación de la humedad, sólo en cuanto aquella carga hidrostática del líquido transfundido es siempre mayor que la del agua que aparece. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *Ibid.*, p. 123.

Métodos químicos. Se trata de sistemas de deshumedecimiento que recurren a la inyección de fórmulas químicas líquidas al interior de las mamposterías, con el fin de crear una barrera hidrorrepelente capaz de oponerse al poder de absorción de los muros. También incluye la aplicación de aplanados de estructura porosa con función transpirante.²⁵ Para el primer caso, tenemos dos sistemas: por gravedad y por inyección. En el primer caso se adosan a los muros, mediante perforaciones equidistantes, unas pipetas con embudo donde se vierte el líquido que penetrará en el interior²⁶ (Figura 5).

En el segundo caso se introducen unas sondas con inyector en las perforaciones del muro (Figura 6a y 6b):

La inyección con emulsiones puede impermeabilizar, vitrificar y consolidar muros de cualquier naturaleza, constituyendo una barrera para la penetración de humedad capilar. La presencia de agua o de vapor acuoso en los capilares no detiene el paso de la emulsión, sino que más bien facilita su recorrido, y es en parte expulsada y en parte diluida con la solución inyectada... Existe el riesgo de que trabajando a presión, el líquido no impregne los capilares de manera homogénea, sino que tienda a fluir a lo largo de las vías de menor resistencia, o tienda a crearse nuevos caminos rompiendo las paredes de algunos capilares.²⁷

25. R. Gullí, *op. cit.*, pp. 54 y 55.

26. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 185.

27. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 121.

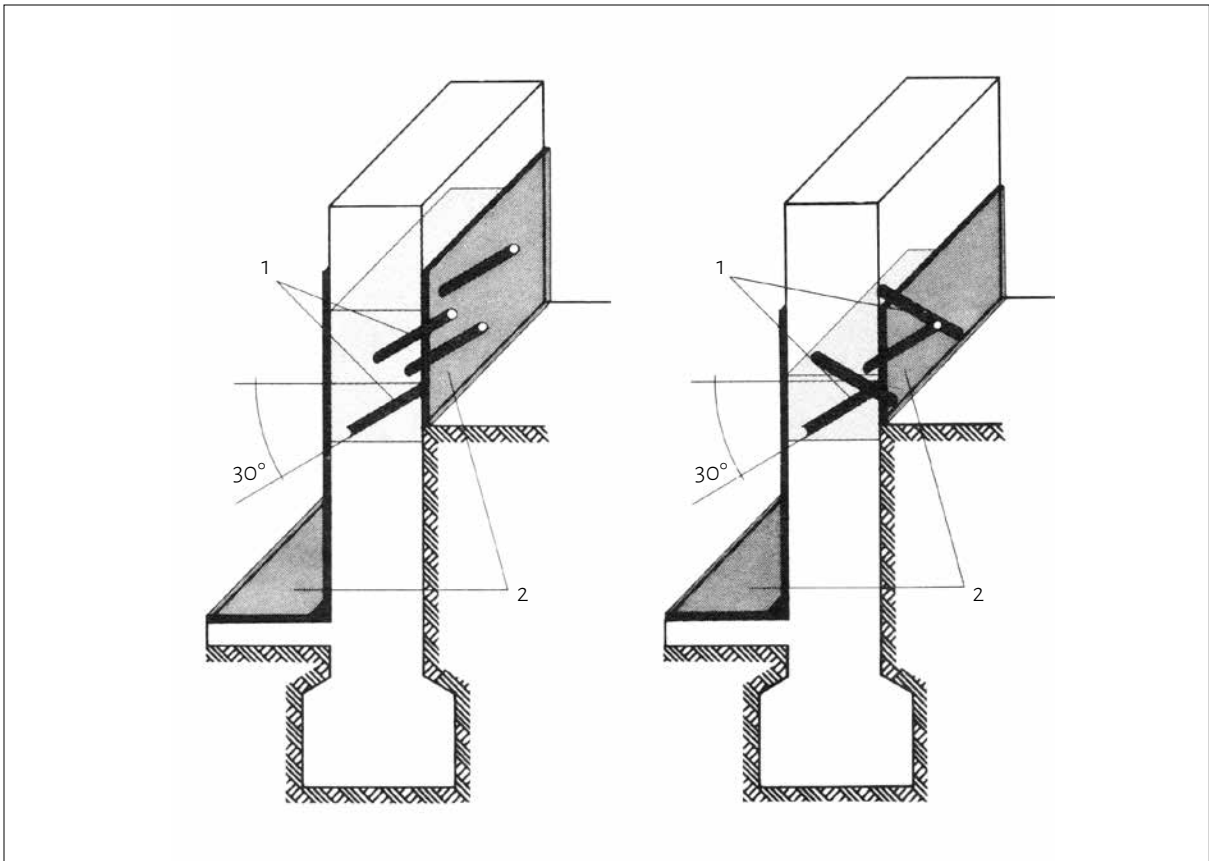


Figura 6a. Impermeabilizante con base en cemento y arena de cuarzo, minerales micronizados de estructura dilatante y sustancias químicas inorgánicas; lo produce Univac de Tessera. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *Ibid.*, p. 122.

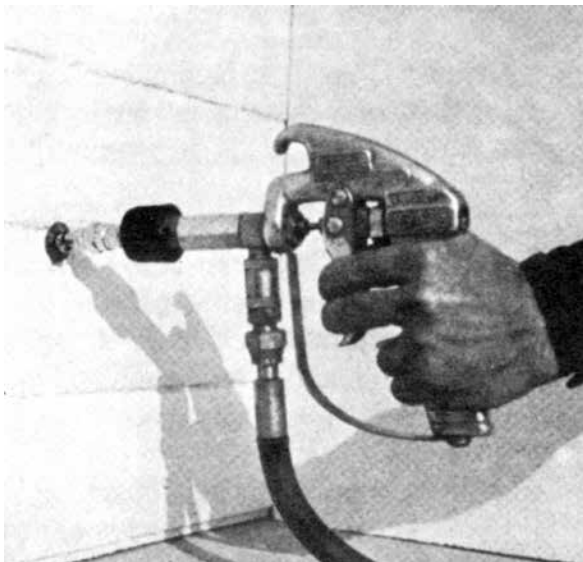


Figura 6b. Inyección de resina epóxica emulsionable en agua e inyectable al muro a presión elevada. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *Ibid.*, p. 120.

Las emulsiones pueden elaborarse con base en cemento, arena de cuarzo, minerales micronizados de estructura dilatante y sustancias químicas inorgánicas. También puede tratarse de resinas epóxicas emulsionables en agua e inyectables al muro a presión elevada.²⁸ “Los silicones proporcionan mejor garantía que los cementos osmóticos o las resinas epóxicas, ya que no se mezclan con el agua de los poros y disuelven los hidrocarburos”.²⁹

A los procedimientos anteriores con base en una barrera de resina, se les puede combinar otro cuyo principio es reconstruir el equilibrio químico en este muro, por ejemplo, los desalinizadores (productos químicos que eliminan las sales higroscópicas pertenecientes al grupo de los nitratos y de los sulfatos). La presencia de sales higroscópicas en las mamposterías húmedas acelera el proceso de degradación y aumenta la tasa de humedad, el tratamiento con los desalinizadores estabiliza químicamente las sales,

28. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*

29. R. Gullí, *op. cit.*, p. 55.

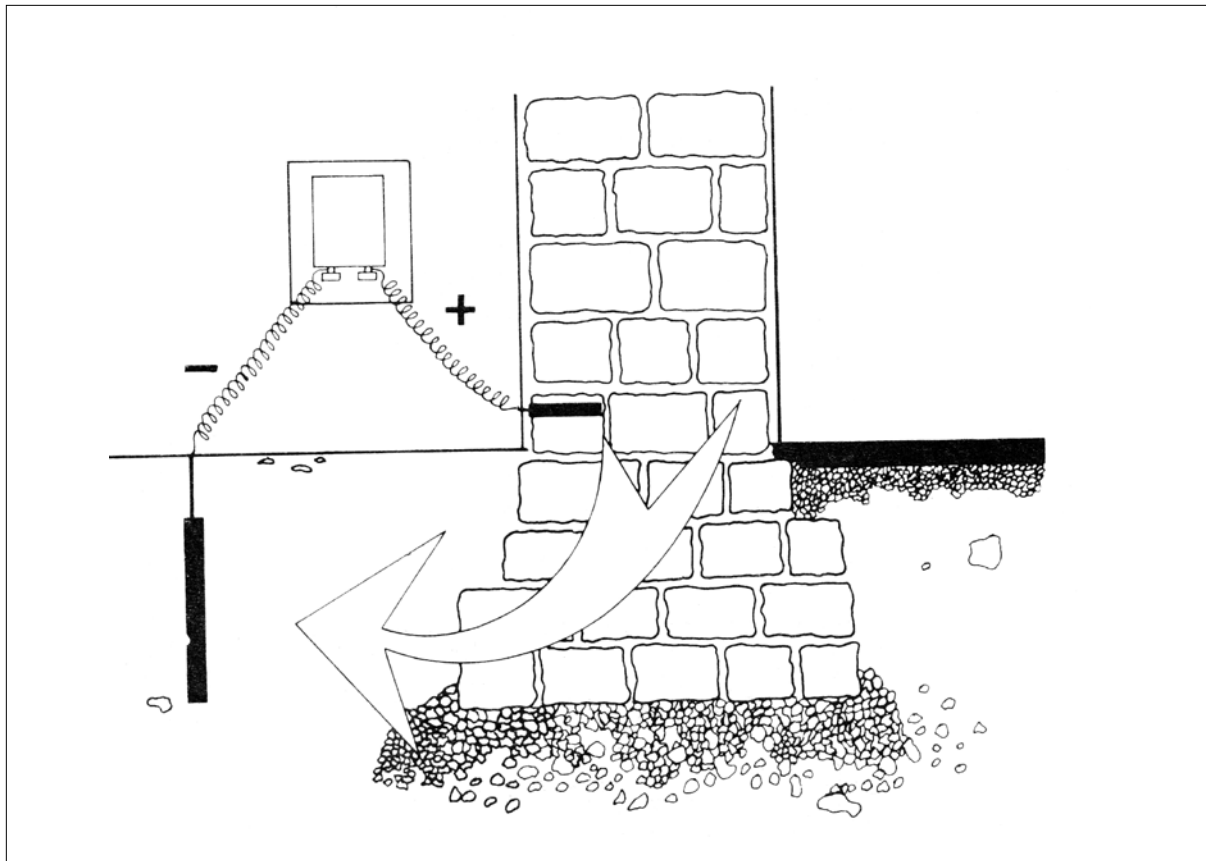


Figura 7. La deshumidificación electroosmótica se puede emplear en cualquier tipo y espesor de mampostería. Fuente: Baglioni y Guarnerio, *op. cit.*, p. 124.

haciéndolas inofensivas. Otro sistema es una técnica muy sencilla para deshumedecer los muros exteriores, y se basa en el principio de facilitar su evaporación revistiéndolas con aplanados de elevada porosidad. “Se trata de crear en el mortero una gran cantidad de poros enlazados entre sí por otros tantos capilares finísimos. La estructura porosa obtenida de este modo permite que el aplanado reduzca de manera continua y constante la humedad del muro, expulsándola al aire del ambiente”³⁰ a través de la migración del agua bajo la forma de vapor y, al mismo tiempo, la estructura porosa impide la transportación de sales al interior del espesor del aplanado, favoreciendo su cristalización en la mampostería con la consecuente oclusión de los poros, deteniéndose el fenómeno capilar consistente en la subida del agua. Estos aplanados se componen, principalmente, de aglomerantes con base de cal con silicatos.³¹

30. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 123.

31. Cfr. Gullí, *op. cit.*, p. 57 y Baglioni y Guarnerio, *op. cit.*

Procedimientos eléctricos

Otra técnica interesante es la deshumidificación electroosmótica, basada en la observación de que la humedad ascendente y el potencial eléctrico están estrechamente ligados: si se impide el ascenso del agua desaparece el potencial eléctrico y, a la inversa, si se elimina el potencial, el agua ya no tiende a subir. Se observa que el empleo de corriente continua a través de un líquido conductor puede, por electroósmosis, transportar líquido a través de los tabiques porosos.³²

Este sistema puede ser pasivo o activo cuando se aplica un potencial eléctrico a los electrodos, convirtiéndolo en un procedimiento costoso debido al mantenimiento y al costo de la energía eléctrica que se consume, que se puede considerar de un kw/hora por cada kilo de agua.³³

32. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 122.

33. Coscollano, *op. cit.*, p. 177.

Como ejemplo tenemos el sistema electrosmótico Umid-bloc. En épocas anteriores, los principios base de este sistema no encontraron aplicación práctica, debido al rápido desgaste que sufrían los ánodos.

Actualmente se elaboran con titanio platinado, mientras que los hilos conductores que los enlazan y todas las conexiones, son de titanio sencillo. La duración de la instalación es teóricamente ilimitada y el consumo puede ser muy bajo si se emplea un sistema pasivo.³³

Humedad por condensación

Se produce cuando la atmósfera interior de los locales tiene una humedad relativa por saturación, y la diferencia de temperatura del exterior es notablemente inferior. Esta humedad se deposita en las zonas más frías y rincones menos ventilados de los muros exteriores. Las causas que la producen son, fundamentalmente, la falta de ventilación y el deficiente aislamiento de los muros de cerramiento.³⁴ Debemos aclarar que la condensación es un fenómeno exclusivamente higrotérmico, por lo que la superficie que tiene la temperatura más baja, resta calor al aire y lo lleva a saturación.

Remedios

Es necesario, por lo tanto, en general, aislar contra las bajas temperaturas por el lado frío (exterior), de esta manera se reducen las deformaciones térmicas en los elementos estructurales de soporte y se crea, en verano, una oposición a la radiación térmica y a la acumulación de calor en los elementos dispuestos detrás de estrato aislante.³⁵

Para el caso de las cubiertas, el método más frecuente consiste en extender, sin clavar o pegar, una colchoneta de lana mineral de espesor adecuado que no sea menor de cinco centímetros, que también puede sustituirse por láminas

de poliestirol o de poliuretano. Para las ventanas será preciso colocar ventanas de doble cristal con juntas que sellen perfectamente y eviten cualquier filtración de aire.³⁶

Humedad lateral o de penetración

Es la que procede del exterior, entrando a los edificios por la cubierta (goteras) y a través de los muros de fachada, afectando a los muros de sótanos o paredes exteriores de poco espesor o mal aisladas.³⁷ El agua de lluvia empujada por el viento penetra por el junteo desprendido, o por vías abiertas por desprendimientos o canalizaciones defectuosas. En los edificios históricos son frecuentes las humedades provocadas por instalaciones viejas o defectuosas. Otra causa es el lavado de pisos o fachadas con gran cantidad de agua que tarda en evaporarse.³⁸ Este tipo de humedad también procede de "microorganismos y seres vivos como algas, líquenes, musgos, mohos, plantas, etcétera", que provocan disgregaciones, fracturas y desaparición de trozos del material del muro.³⁹ La lluvia ácida se produce cuando en el aire existe gran cantidad de dióxido de carbono y dióxido de azufre, como es el caso de las zonas urbanas donde los vehículos automotores los producen y, con la colaboración del viento y la lluvia, se producen múltiples contaminantes entre los cuales están: ozono, anhídridos sulfurosos y sulfúricos, etcétera. Esta lluvia ácida es sumamente destructora de los materiales pétreos.⁴⁰

Remedios

Voladizos, aplanados exteriores, impermeabilizantes, o con el uso de revestimientos plásticos en el aplanado del muro, incluso en el exterior. Será conveniente analizar a fondo el problema del equilibrio higrométrico de la pared porque, si estos aplanados obstaculizan la entrada de agua, también impiden su salida.⁴¹

33. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*

34. C. Gispert, *op. cit.*, p. 79.

35. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 141.

36. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*

37. C. Gispert, *op. cit.*, p. 78.

38. R. Prado, *Procedimiento de restauración y materiales*, México, Trillas, 2000, p. 35.

39. J. Coscollano, *op. cit.*, p. 181.

40. R. Prado, *op. cit.*, p. 41.

41. A. Baglioni y G. Guarnerio, *op. cit.*, p. 124.

Las Especificaciones Generales de Restauración establecen que para preservar las superficies de ladrillo (5-01.3) y de superficies pétreas (5-06.2) de los monumentos históricos, se deberá hacer mediante un sello con jabón de alúmina, mediante el siguiente procedimiento: se prepara una solución con base en un kilogramo de jabón neutro y 12 litros de agua y se aplica a la superficie. A las 24 horas se aplica una solución hecha con un kilogramo de alumbre (sulfato doble de aluminio y potasio) y 25 litros de agua, igualmente en caliente, y se aplica a la superficie. A las 24 horas se aplica nuevamente la solución de jabón y a las otras 24 horas otra de alumbre, así hasta completar seis manos en total. Se deberá cuidar que no llueva en las tres horas posteriores a la aplicación.⁴²

El investigador Ricardo Prado recomienda como protectores el uso de productos hidrofugantes “aplicados a la piedra, por aspersión, inmersión o con brocha, que evitan la entrada de agua a los estratos más profundos de la piedra”. Se fabrican con silicones que permitan “respirar” a la piedra, como son los elaborados con silanos xiloxanos. El principal fabricante es Wacker Mexicana y se recomiendan el número 280 para piedras calizas y el 290 para sustratos, incluso alcalinos. Para el ladrillo también se recomienda el 290 y el Wacker SMK 1311 (concentrado de microemulsiones de silicona). También para los aplanados de cal y arena se utilizan los mismos tratamientos hidrofugantes con base en silanos xiloxanos, aplicados a los aplanados por aspersión o brocha, que evitan la entrada del agua a las capas más profundas del aplanado, pero deben tener como característica principal que permitan “respirar” al aplanado, pero evitando la penetración del agua. Además de Wacker Mexicana, los producen otras marcas como Bayer, Rhone-Poulenc y General Electric.⁴³

Humedad accidental

Es la que se produce por inundaciones, rotura de conducciones, etcétera;⁴⁴ son imprevistas y, por tanto, no existen

soluciones para éstas, sólo la prevención que se puede tener al elegir los mejores materiales de construcción, y escalones o sardineles en los casos en que se piense que pueda evitarse el agua originada por algunas tormentas.

CONCLUSIONES

La protección de las construcciones ya existentes contra la humedad es un problema que continuamente enfrentan los dueños de éstas, especialmente en la Ciudad de México, con niveles freáticos elevados (producto de la desecación y utilización de los suelos que originalmente fueron lagos). El problema se complica cuando hablamos de edificios históricos, por el grosor de los muros con los que usualmente fueron construidos.

Las diferentes técnicas aquí presentadas para combatir la humedad de los edificios históricos, nos proporcionan algunas herramientas para enfrentar este grave problema. El carecer de los conocimientos y de la tecnología, ha originado que en muchos edificios patrimoniales quede sin resolverse este problema, con las consecuentes molestias para los usuarios de los mismos.

Si bien no es posible emplear todas estas técnicas descritas, ya que la principal limitación se encuentra en que muchas veces no existe esta tecnología en los países latinoamericanos, sin embargo, cada restaurador puede llegar a improvisar con facilidad conociendo el principio y los propósitos de cada una de dichas técnicas.

FUENTES CONSULTADAS

- BAGLIONI, A., Guarnerio, G., *La rehabilitación de edificios urbanos. Tecnologías para la recuperación*, Barcelona, Gustavo Gili, 1988.
- GISPERT, C., *Biblioteca Atrium de la construcción*, Barcelona, Océano, 2006.
- COSCOLLANO, J., *Tratamiento de las humedades en los edificios*, Madrid, Thomson- Paraninfo, 2000.
- GULLÍ, R., *Il recupero edilizio in ambito sismico*, Monfalcone, Edicom Edizioni, 2002.
- PRADO, R., *Procedimientos de restauración y materiales*, México, Trillas, 2000.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), *Especificaciones generales de restauración*, México, 1984.

42. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, *Especificaciones generales de restauración*, México, 1984.

43. Ricardo Prado, *op. cit.*, pp. 61, 88, 92 y 101.

44. C. Gispert, *op. cit.*, p. 79.