

HUMEDADES POR CAPILARIDAD EN LA CONSTRUCCION

Por JOAQUIN FERNANDEZ MADRID
Doctor Arquitecto

Profesor de la E.T.S.A. de La Coruña

Uno de los fenómenos más conocidos en construcción es la humedad ascendente. Se produce siempre que materiales porosos se encuentran en presencia de agua, haciendo que ésta desafíe las leyes físicas de la gravedad y alcance alturas muy superiores al nivel freático.

El fenómeno, explicado suficientemente en diversos manuales de Física de la Construcción (1), recibe la denominación de *capilaridad* y sus efectos vienen condicionados, entre otros factores, por la temperatura y presión atmosférica del aire, por la disposición y diámetro de los capilares de cada material, por la aireación o transpiración del elemento encharcado, etc.

La manifestación más común en construcción se nos presenta en cualquier muro de fábrica cuya cimentación arranque de un terreno más o menos humedecido. Con el paso del tiempo el muro adquiere una banda oscura y ennegrecida por encima del nivel del terreno. La altura de la zona encharcada muestra la situación final, en la que se ha alcanzado el equilibrio entre la componente ascendente de la tensión superficial y la descendente propia de la acción de la gravedad sobre el líquido que asciende.

Antes de proceder a plantearse el estudio de las actuaciones a seguir con un muro que presenta síntomas de oscurecimiento en las bandas bajas, hemos de asegurarnos que éstas no se deben simplemente a fuertes mojaduras por salpicado en los zócalos de los muros, especialmente cuando no existen sistemas de recogida de aguas pluviales en los faldones de cubierta.

Verificado este extremo, es decir, que no hay salpicaduras, o que por sí solas no explican el encharcamiento del muro, habrá que observar el alcance de la lesión y evaluar la relación entre:

- altura de ascenso capilar;
- orientación de la fachada;
- disposición capilar del material;
- temperatura y presión ambiental;
- aireación superficial y transpiración del muro.

La intensidad de la lesión nos llevará a tomar la decisión acerca del sistema a emplear para evitarla, escogiendo entre ellos el más apropiado:

- Sistemas tradicionales: cámaras ventiladas;
barrera continua;
sifones atmosféricos.
- Sistemas actuales: inyecciones de impregnación;
electroósmosis;
electroforesis.

Dado que son sistemas conocidos y sobre los que existe abundante bibliografía, basta a los técnicos acudir a ella o entrar en relación con firmas especializadas en la aplicación de las técnicas más sofisticadas.

1. RELACION ENTRE TRASLADO CAPILAR Y AIREACION.

En este apartado quiero referirme a un fenómeno observado en una obra en construcción en Carril. Los muros se levantaron con perpiños de granito de Porto do Son (canteras de granito superficial, ocre, muy meteorizado y poroso). Algunos lienzos del muro fueron trasdosados con 2,5 cm. de poliuretano proyectado (prácticamente impermeable al agua y al vapor). Tras haber sufrido un temporal de agua y viento, con temperaturas templadas, los muros se encharcaron y el agua empapó todo el espesor del perpiño —unos 20 cm.— y rezumaba al interior, ya que por estar cubierto pero no cerrado, existía una fuerte aireación y evaporación del mismo. Sin embargo en los lienzos trasdosados con la espuma de poliuretano, el agua sólo había penetrado unos 10 cm.

Este fenómeno tiene la ventaja de ser real y simultáneo, por lo que se puede establecer una relación cierta entre la profundidad de penetración del agua (absorción higroscópica) desde la cara expuesta al agua hacia la cara seca y la capacidad de aireación de esta última.

Aunque el proceso de penetración observado es de componente horizontal, vamos a analizar lo que ocurriría si el fenómeno se produjera en vertical.

Comparemos lo que ocurre en dos capilares cuyo extremo superior esté libre en un caso y ocluido en el otro (fig. 1.).

Considerando las presiones en los distintos puntos, tendremos que:

- a) La presión en n y en q son iguales entre sí y a la presión atmosférica.
- b) La diferencia de presión entre m y n viene definida por la fórmula de la tensión superficial: $P_m - P_n = 2T_s/R$.
- c) La diferencia de presión entre m y n está definida por el peso de la columna de agua (presión hidrostática): $P_m - P_q = \gamma \times hc$.

Fig.—2: LEY DE JURIN

R = radio de curvatura del menisco.
 r = radio del tubo capilar.
 $R = r/\cos \alpha$.

$$hc = \frac{2 T_s}{r \gamma} \cos \alpha \text{ LEY DE JURIN}$$

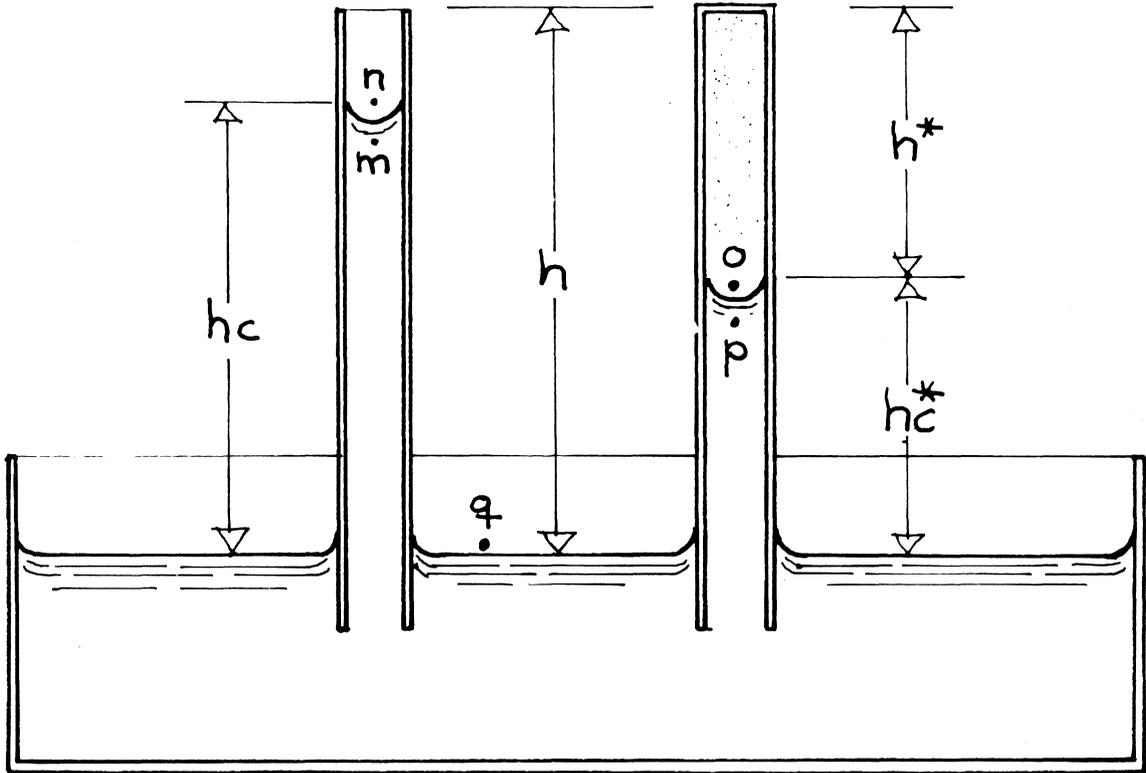


Fig. 1

Esta fórmula sólo sirve para capilares abiertos en su extremo superior, ya que en caso contrario, el estado de presiones resulta alterado por la presión del aire ocluido en el capilar, de modo que:

$$P_m = P_p \quad P_o = P_q + \Delta P = P^*$$

$$P_n = P_q$$

Este ΔP viene producido por la reducción de volumen de la masa de aire ocluida en el capilar.

$$h_c - h^*c = \Delta P.$$

Es evidente que la repercusión en el menor ascenso capilar es inversamente proporcional a la altura del capilar; de modo que si h es comparativamente más grande que h^*c , entonces ΔP tendería a cero.

En el caso observado la altura del capilar h es igual o superior a h_c (ascenso capilar) ya que se aprecia un encharcamiento superficial en la cara interior (el agua ascendería hasta rebosar: $h_c \geq h$).

Las ecuaciones que expresan el fenómeno observado se han de circunscribir a más condiciones que reflejen las citadas circunstancias dimensionales y ambientales.

Ecuaciones.

1.ª Ecuación: El equilibrio de presiones en el capilar ocluido se consigue al igualarse la presión del aire encerrado (P^*) incrementada en el peso de la columna (h^*c) a la Tensión superficial ascendente.

Dado que la Tensión es equivalente en ambos casos:

$$P_q = P_m + \gamma \times h_c \dots \dots \dots \text{ capilar abierto.}$$

$$P_q = P_p + \Delta P + \gamma \times h^*c \dots \dots \dots \text{ capilar cerrado.}$$

Se deduce que:

$$\Delta P = h - h^*c \quad (1)$$

2.ª Ecuación: Se establece en función del teorema de Bernoulli que: $P \cdot V = nRT$, o lo que es lo mismo $P/P^* = V^*/V$; siempre que una misma masa de gas modifique su volumen a temperatura constante.

El volumen inicial V y el final V^* son proporcionales a las respectivas alturas: $V^*/V = h^*/h$ (fig. 3) y, $P = P_q$ (atmosférica) de manera que:

$$P^* = P + \Delta P = P_q + \Delta P$$

$$P^* = \frac{P \cdot V}{V^*} = \frac{P \cdot h}{h^*}$$

$$\Delta P = \frac{P_q \cdot h}{h^*} - P_q$$

Como $h^* = h - h^*c$ $\Delta P = P_q \frac{h^*c}{h - h^*c} \quad (2)$

3.ª Ecuación: A los efectos de nuestra observación, y en casos ordinarios, podemos considerar como datos constantes las variables siguientes:

$$-P_q = 1 \text{ (Presión atmosférica = 1 atm.)}$$

$$-h_c = h \text{ (longitud del capilar } < h_c)$$

Igualando a las expresiones (1) y (2).

$$(1) \quad \Delta P = h_c - h^*c = h - h^*c$$

$$(2) \quad \Delta P = P_q \frac{h^*c}{h - h^*c} = \frac{h^*c}{h - h^*c}$$

Se obtiene: $(h - h^*c)^2 = h^*$

y como $h^* = h - h^*c$, se obtiene una ecuación de segundo grado:

$$h^*c^2 - (2h_c + 1) h^*c + h_c^2 = 0 \quad (3)$$

Dando distintos valores a h_c obtenemos una serie de alturas h^*c que se encuentran próximas al 50% de h_c . (Fig. 4).

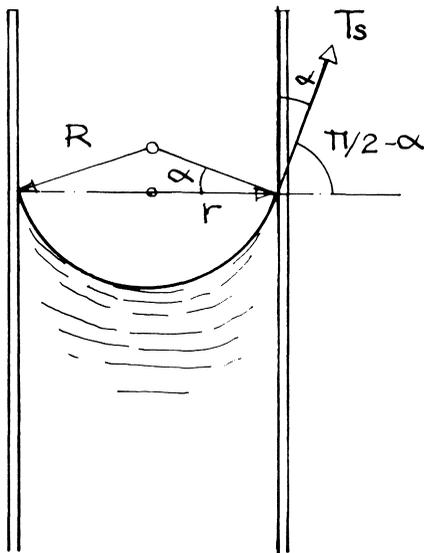


Fig. 2

2. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA CAPILARIDAD HORIZONTAL.

El fenómeno descrito para la ascensión capilar del agua (succión en sentido vertical) se produce exactamente igual a través de poros y capilares en sentido horizontal.

El mecanismo se pone en marcha entre dos planos de vidrio muy próximos, o hace trasladarse al agua grandes distancias entre dos láminas impermeables no adheridas, o simplemente difunde el agua desde una cara empapada en una fábrica de piedra o ladrillo hacia la cara seca y protegida.

En todos estos casos la tensión superficial del agua origina unas presiones cuya componente ortogonal a las paredes del capilar se equilibran, pero con una componente axial que hace trasladarse al agua por la estructura capilar, expulsando el aire que llena los poros.

Una de las formas de frenar ese traslado del agua sería impidiendo la expulsión del aire intersticial o capilar. Una barrera en la cara seca que impida la difusión del aire ocluido, hará que éste ofrezca una presión equivalente a la tensión superficial y para el transporte capilar del agua.

Proponemos, pues, como sistema constructivo para frenar el encharcamiento total de una fábrica porosa, trasdosarla interiormente por la cámara con algún material intranspirable. Esta cualidad debe quedar asegurada por la proyección de un producto de suficiente espesor y adherencia. Los movimientos de la fábrica, incluso las posibles microfisuras de origen térmico o mecánico, inevitables en toda fábrica, han de ser salvadas por la deformabilidad del producto: espumas de poliuretano de suficiente espesor y densidad, imprimaciones de butilo o asfalto modificado o, finalmente, películas de resinas elásticas pueden cumplir correctamente este cometido. (Fig. 5).

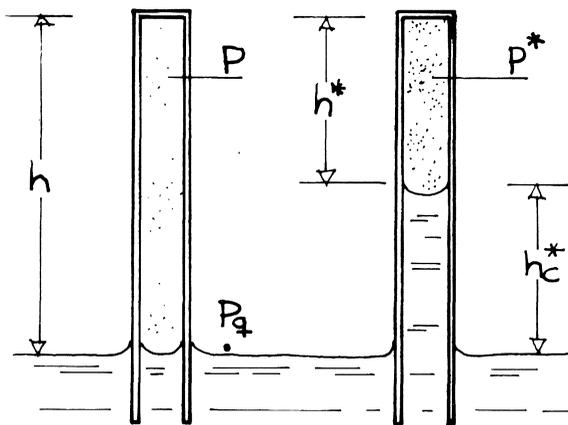


Fig. 3

- I. Fábrica de bloque de mortero;
Espuma de poliuretano proyectado (densidad IV);
Cámara;
Tabique.
- II. Fábrica de 1/2 pie ladrillo visto;
Imprimación de butilo o asfalto modificado;
Cámara y aislante + barrera de vapor;
Tabique.
- III. Fábrica de perpiaños de granito (e = 15 cm.);
Película de resina elástica;
Cámara y aislante + barrera de vapor;
Tabique.

3. LA ASCENSION CAPILAR EN LOS ENLOSADOS.

Es frecuente, dentro de lugares cubiertos (en torno a «lareiras» de casas solariegas, templos en medio rural, etc.) la aparición de humedad en la cara superior de un enlosado en contacto con el terreno.

Este fenómeno es intermitente y se alternan períodos en los que la piedra aparece completamente seca, con otros en los que rezuma agua. Como, por otra parte, la aparición de la humedad afecta sólo a algunas de las piedras, se zanja el problema achacando el fenómeno a su condición de «piedra llorona».

En una observación más detenida, se comprueba que en los días de buen tiempo —altas presiones atmosféricas— las piedras están secas, en tanto que con el cambio de tiempo, y por lo tanto coincidiendo con fuertes bajadas de presión —incluso antes de que comiencen las precipitaciones— es cuando emerge el agua a través del enlosado. Los rápidos cambios de presión en el ambiente exterior se producen con un notable retraso en el interior del terreno, favoreciendo la succión por la diferencia de presión.

La distinta estructura molecular y capilar de las piedras explica que en unas se produzca más fuertemente que en otras la ascensión capilar (parece pues acertada la calificación de «llorona» para alguna de las losas).

Los declives y pliegues del terreno a cota relativamente alta, son la causa de una mayor presencia de agua en los diversos puntos del subsuelo.

Y finalmente, se sabe que el fenómeno físico de la *capilaridad* del agua es más acusado cuando se eleva la temperatura y/o se disminuye la presión atmosférica. En este sentido se puede presentar como ejemplo muy conocido el encharcamiento superficial de una pista de tierra batida, que aparece seca a primeras horas de una mañana invernal y comienza a empaparse y a aflorar agua en cuanto comienza a calentarse con los rayos del sol.

Los remedios para evitar esta ascensión capilar en lugares cubiertos debe comenzar en el exterior, procurando drenar al máximo el terreno circundante, de forma que baje al máximo el nivel freático.

Si esto no fuera posible, o no llegara a resolver definitivamente el problema, se debe levantar el enlosado para crear una barrera impermeable que impida el contacto de las losas con el terreno y el agua. (Fig. 6).

BIBLIOGRAFIA

- PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION. HUMEDADES EN LA EDIFICACION. *Ortega Andrade, F.* Sevilla, 1989.
 LA HUMEDAD EN LA CONSTRUCCION. SUS CAUSAS Y REMEDIOS. *Gratwick, R. T.* Londres, 1971.

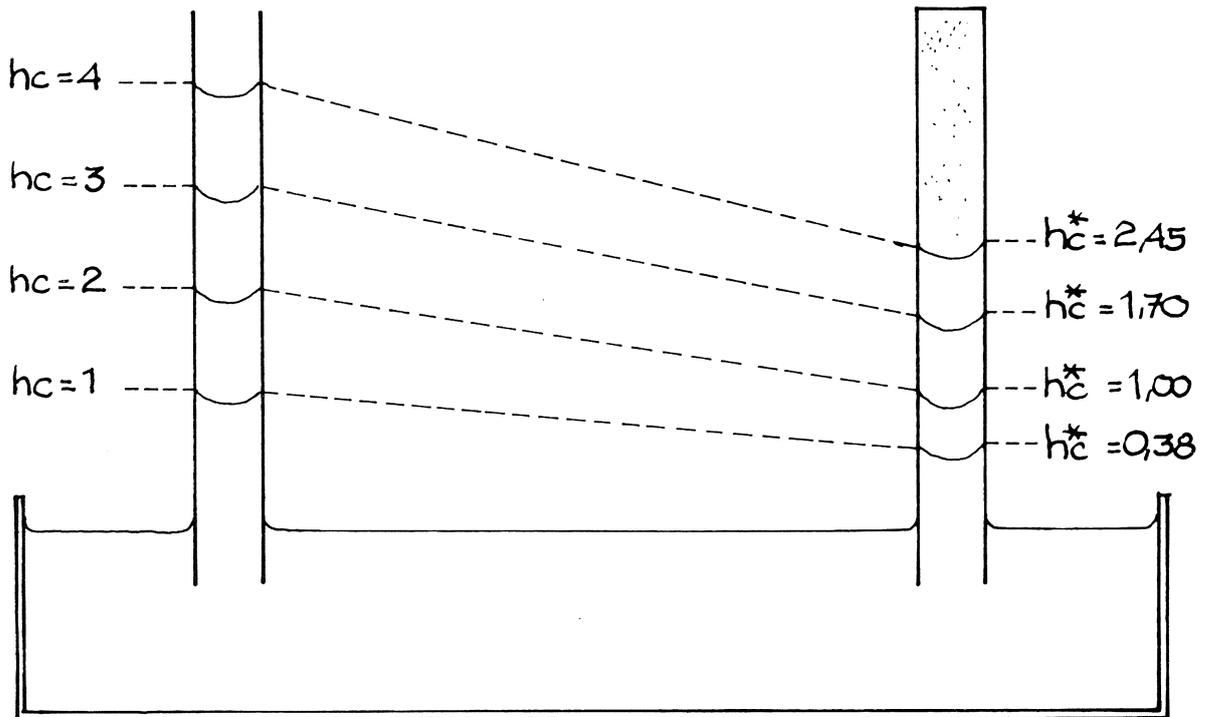


Fig. 4

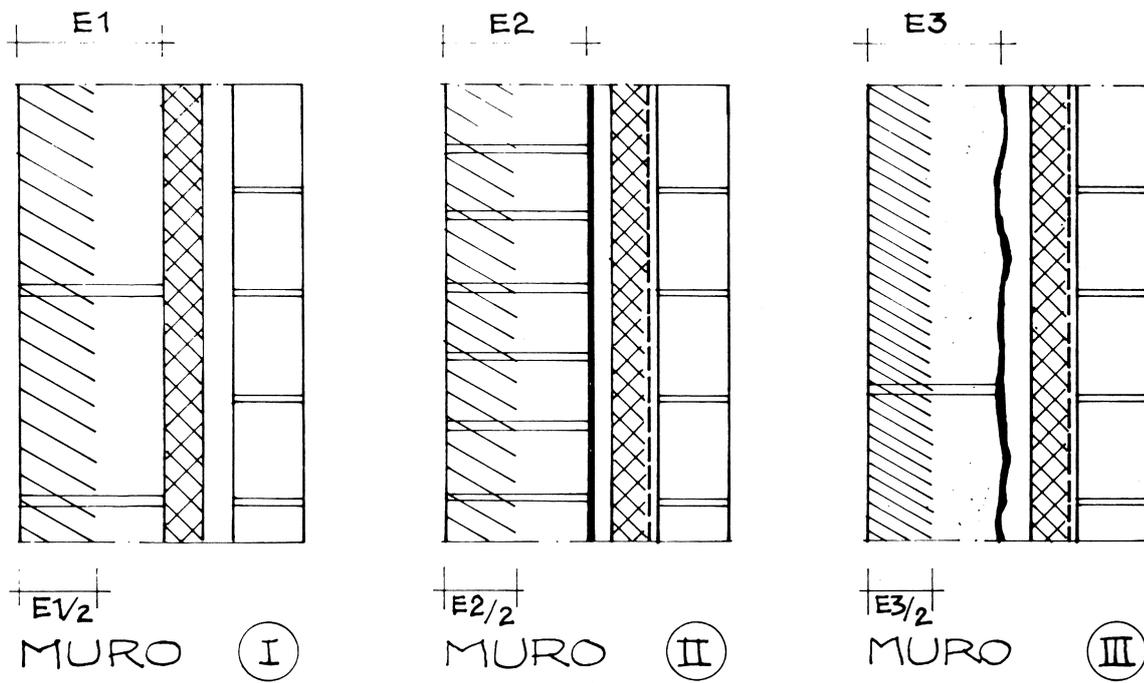


Fig. 5

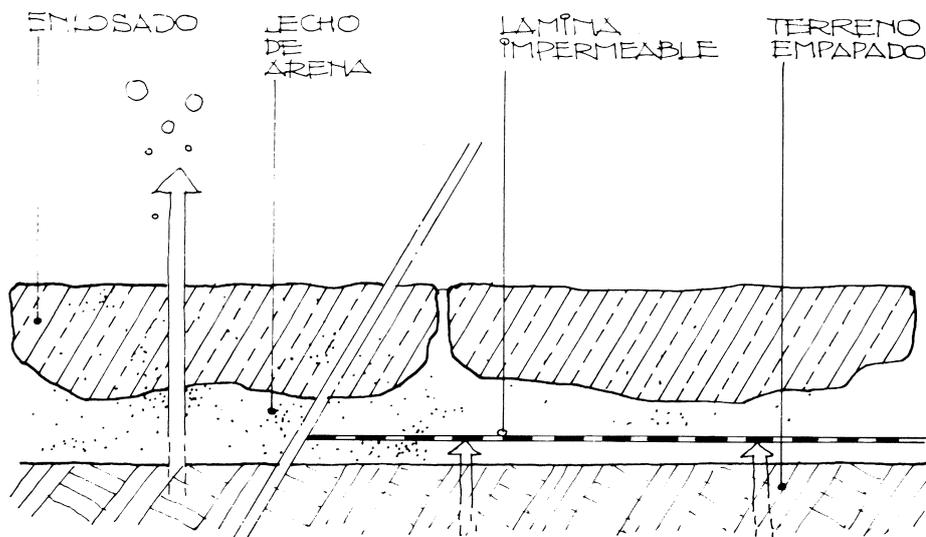


Fig. 6