

## METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE HUMEDADES: LA INSPECCIÓN HIGROTÉRMICA CON AYUDA INSTRUMENTAL.

Soledad García Morales (1), Ana Collado Gómez (2); Laura López González (3)

(1) Dra. Arquitecta. Profesora Titular. Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación AIPA. sgarciam2003@yahoo.es

(2) Arquitecta. Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación AIPA. ana.collado@gmail.com

(3) Arquitecta. Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación AIPA. laura@arquita.u.es

### RESUMEN

El presente trabajo explica el método instrumental de inspección higrotérmica utilizado por las autoras en el diagnóstico de humedades en edificios históricos. Este método es, hasta el momento, el único que puede cuantificar de modo aproximado la intensidad de evaporación de muros y soleras, y permite asimismo hacer seguimiento de los edificios una vez completada la intervención. Se utiliza para ello la toma de lecturas instrumentales mediante termohigrómetro, siguiendo un protocolo específico de toma de datos, análisis de los valores obtenidos, e interpretación de los resultados, cartografiando los focos sobre planos del edificio. La utilidad del método se ilustra con casos de inspección y diagnóstico realizados en los últimos años, en algunos edificios de patrimonio

*Palabras-clave: Diagnóstico de humedades, Ensayos de campo, Inspección higrotérmica.*

### I. GENERALIDADES SOBRE LA INSPECCIÓN HIGROTÉRMICA

El diagnóstico de humedades en la edificación requiere la búsqueda de técnicas diagnósticas que proporcionen datos cuantificables de algunos parámetros que puedan constituirse en indicadores de determinados estados patológicos. Hasta el momento, las técnicas instrumentales utilizadas en este ámbito se basan en la medida de parámetros de temperatura y humedad del aire, y de temperatura y humedad de los materiales. La instrumentación más fiable es la que mide los parámetros higrotérmicos del aire, (1) (Healy, 2003) y es en este campo donde los sensores están más desarrollados comercialmente, y donde se ha llegado a una mayor precisión y sencillez en la toma de datos. Normalmente se utilizan métodos basados en la monitorización del edificio, pero la simple monitorización no constituye por sí misma una herramienta diagnóstica. Para que los datos proporcionados por los instrumentos tengan sentido, es preciso que se enmarquen dentro de un protocolo diagnóstico, y que, de fondo, existan una o varias preguntas detrás de la monitorización. Lo realmente importante es disponer de una



técnica que proporcione la información inicial necesaria para poder llegar a un “prediagnóstico”, que puede requerir posteriormente la ayuda de la monitorización o de otros estudios. Esa técnica ha de ser sencilla, barata y rápida, pues de los datos que proporcione se derivarán las hipótesis sobre las que descansarán el resto de estudios. Se ha intentado utilizar para este fin la termografía infrarroja (2) (Grinzato, 2002), (3) (Barreiras, 2005), pero los datos obtenidos son de difícil interpretación, además de presentar otras dificultades, especialmente en ambientes muy húmedos.

En este sentido, se presenta en esta ponencia una herramienta de prediagnóstico que venimos utilizando desde hace al menos veinte años en el diagnóstico de humedades en edificios históricos (4) (García Morales, 1998)

## II. LA INSPECCIÓN HIGROTÉRMICA MEDIANTE TERMOHIGRÓMETRO DE LECTURA INSTANTÁNEA

Este tipo de inspección busca localizar los focos de evaporación presentes en muros o soleras. La base de la inspección consiste en que hay más humedad en la lámina de aire en contacto directo con un muro o suelo que evapora, que la que hay en contacto con otro que está seco. Este principio tan sencillo es el que permite la inspección, teniendo en cuenta que esta técnica no pretende cuantificar el caudal de vapor que evapora a través de la superficie, sino tan sólo “detectar” esta evaporación y -si se utiliza un determinado protocolo de análisis de los resultados-, “clasificar” los focos según niveles de intensidad.

### 1. Instrumentación

El instrumento requerido es un termohigrómetro de lectura directa, que mide temperatura y humedad del aire (Figura 1).



**Figura 1.-** termohigrómetro típico, utilizado en la inspección higrotérmica, y método de toma de datos en puntos de “suelo-pared”

La temperatura medida por el aparato es la “temperatura seca” (T), en °C. La humedad que se mide de forma directa con la mayoría de los aparatos en el mercado es la “humedad relativa” ( $\phi$ ), en %. Esta magnitud no es útil para el diagnóstico, por su dependencia de la temperatura, y por ello es preciso trabajar con algún parámetro que cuantifique mejor la humedad. En nuestro caso se mide el “grado de humedad” (W)



(expresado en gramos de agua por kg de aire) por ser la que de modo más intuitivo representa el contenido en humedad de un determinado ambiente, y por la facilidad para trasladar los datos posteriormente al ábaco psicrométrico.

## 2. Protocolo de toma de datos

Para la toma de datos se establece un determinado método, que es el siguiente:

A) Caracterización del ambiente exterior de referencia. Consiste en medir los valores de temperatura y grado de humedad del aire exterior que rodea al edificio a estudiar, como base sobre la que se establecerá la diferencia y la clasificación de niveles de los focos medidos en el interior. Como el grado de humedad del aire varía a lo largo del tiempo, primero se ha de medir un número suficiente de puntos como para caracterizar el aire exterior en el momento de la inspección. Es importante hacer la inspección higrotérmica en un mismo día. Si se hace en varios días, en cada uno de ellos hay que comenzar por la toma de datos del exterior, pues los valores cambian.

B) Caracterización de ambientes. Consiste en tomar lecturas en cada una de las salas o ambientes del edificio que se va a inspeccionar, para obtener información sobre cuáles son las zonas más húmedas. Para la caracterización de los ambientes, es preciso tomar al menos dos o tres lecturas en cada habitación. Es recomendable tomar estas lecturas siempre de la misma forma, por ejemplo, a un metro del suelo, aproximadamente en el centro de la sala.

Lo normal en un edificio sin problemas de humedad y bien ventilado es que el grado de humedad de las habitaciones sea similar al del exterior. Cuando en una habitación detectamos valores de W por encima del exterior, es que en ella existe alguna fuente de humedad, que es lo que hay que localizar con la detección de focos que se explica en el apartado siguiente. Cuanto mayor es la diferencia, mayor es el ritmo de producción de humedad dentro del local, y/o menor es la ventilación del mismo.

C) Detección de focos. Para la detección de focos en los locales en los que se ha medido humedad ambiente, se mide acercando la sonda hasta ponerla en contacto con el paramento a inspeccionar, anotando la temperatura y el grado de humedad del aire en contacto con él, (que es el que recibe el vapor procedente del muro o suelo).

El protocolo de lectura que utilizamos toma datos en el suelo (lecturas que denominamos "s"), en las paredes -a distintas alturas- (lecturas "p"), y en la arista de encuentro entre suelo y pared (lecturas "sp", que suelen ser las que más información proporcionan, cuando se trata del diagnóstico de problemas de capilaridad)

## 3. Análisis de los datos

Durante la inspección los datos se anotan en un estadillo, junto con las observaciones de interés. Para el análisis posterior se comienza por representar en gráficos XY los puntos medidos, distinguiendo si corresponden a "exterior", "ambiente", "suelo", "pared" o "suelo-pared". En muchas ocasiones hay que analizar por separado cada una de las variables anteriores, estableciendo medias, desviaciones típicas, etc, que permitan una comparación estadística



En el gráfico del ejemplo más abajo (figura 2) se aprecian ya los puntos en los que se miden mayores focos de evaporación. Los resultados se pueden después trasladar a planos de planta o a secciones del edificio, y así se empieza a obtener un mapa en el que se reflejan las zonas en las que la evaporación es más intensa. La interpretación de estos focos dependerá después del resto de datos y observaciones complementarias obtenidas durante la inspección.

### III. EJEMPLO DE INSPECCIÓN

Se expone a continuación, de forma breve, un ejemplo de interpretación de los datos obtenidos en la inspección higrotérmica de la iglesia de Wamba, en Valladolid. Se trata de una iglesia de origen visigodo, posteriormente reformada en la época mozárabe (siglo X) y en el siglo XIII. La iglesia presentaba manchas de humedad en algunos de sus muros, siendo especialmente preocupante la afección al muro de la cabecera, en el que, por el interior, se conservan restos de pinturas medievales de gran valor histórico. El prediagnóstico se basó inicialmente en el estudio de la documentación histórica existente, y en la inspección de lesiones en el edificio. Se deseaba conocer el grado de afección de la humedad a los muros de cabecera, y el riesgo para las pinturas. Para diferenciar ambas causas se planteó la inspección higrotérmica, en octubre de 1999. Se tomaron un total de 152 puntos de lectura, según el protocolo explicado anteriormente. Los valores se representan sobre el gráfico de la figura 2

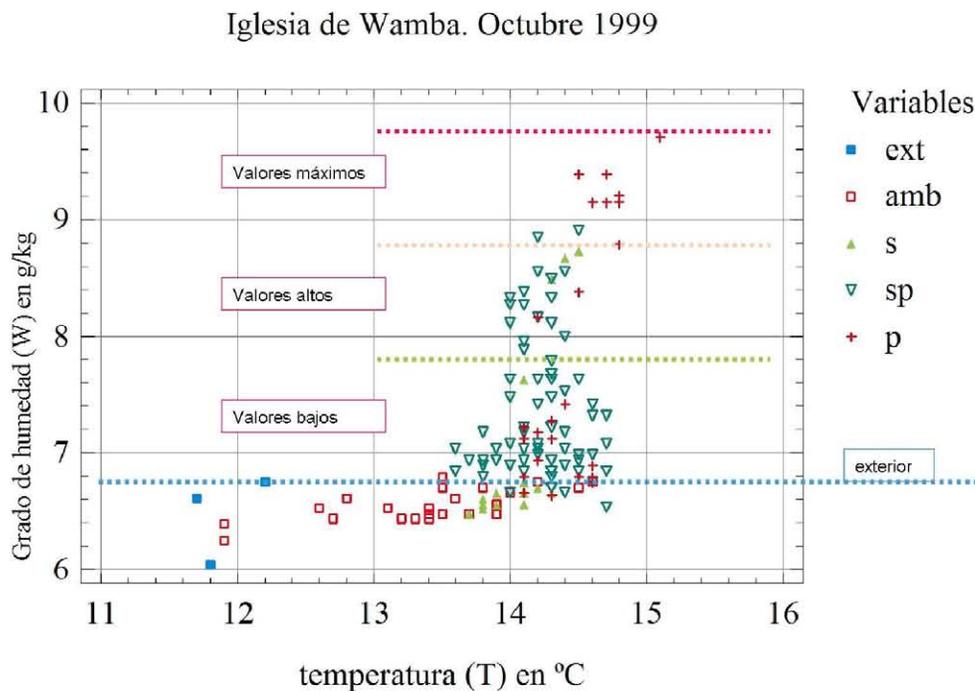
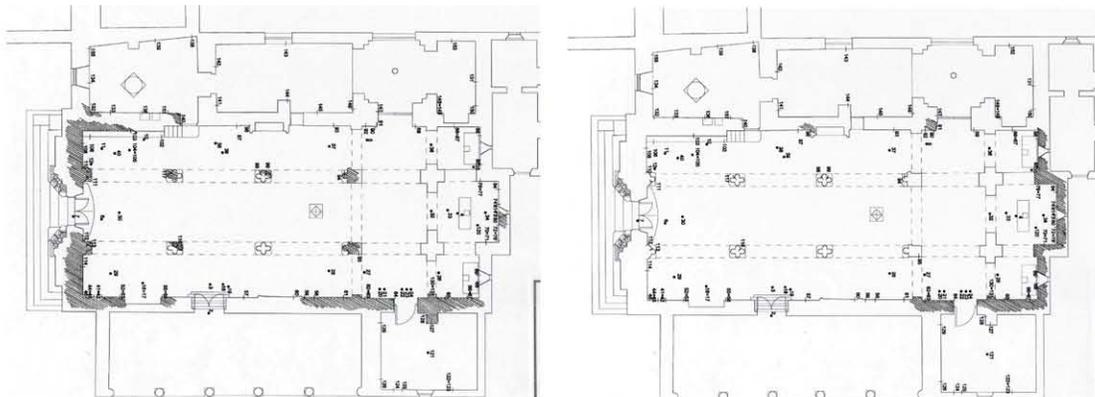


Figura 2.- Gráfico de análisis de los puntos de la inspección higrotérmica

Los valores de referencia del aire exterior, el día de la inspección, eran: temperatura entre 11,8 y 12,2 °C; grado de humedad (W) entre 6,04 y 6,75 g/kg. Los valores resumen de la humedad ambiente interior oscilaban entre 6,47 g/kg (nave central) y 6,75 (ábside central). El edificio presentaba, pues, valores generales “bajos” en cuanto a producción de humedad: el factor producción del edificio (equilibrio entre evaporación interior y ventilación) era pequeño, y el ambiente interior estaba en valores similares de humedad a los del aire exterior.

En la figura anterior se puede apreciar cómo los puntos en los que se detectan mayores grados de humedad son algunos puntos de la pared. En la mayoría de éstos se da la particularidad de que se ha tomado la lectura introduciendo parcialmente la sonda del instrumento en pequeños agujeros de los morteros de junta, por lo que en realidad se está midiendo el grado de humedad del aire en el interior de las oquedades que hay en el interior de dichos muros. Si elimináramos del gráfico esos puntos podríamos comprobar que en realidad los valores de evaporación más elevados están a nivel del suelo, en los encuentros de éste con muros y pilares, que es en donde se aprecia normalmente mejor la humedad procedente del terreno. Si estos valores se trasladan a planos de planta del edificio, se obtiene una representación de los focos más intensos de evaporación del edificio (planos de la figura 3). Se observa en ellos que la mayor evaporación en el arranque de los muros no se mide en la cabecera, sino en otras zonas del edificio, que son las que posiblemente estén sometidas a una mayor presencia de humedad desde el terreno. Cuando se representan sólo los puntos donde se ha medido humedad interior a los muros, en agujeros u oquedades internas, el plano es el de la derecha. En este último plano se refleja que, aunque los muros de la cabecera no evaporan mucho en las zonas bajas, sí existe movimiento de aire húmedo en su interior, que circula a través de oquedades y grietas, midiéndose esta evaporación hasta alturas de 60 ó 70 centímetros por encima de la cota del suelo. Esta difusión interior puede trasladar el vapor procedente del terreno a una altura mayor que en el caso de muros bien macizados.



**Figura 3.-** Cartografía de los principales focos de evaporación (desde el terreno) obtenidos en la inspección higrotérmica. A la izquierda, evaporación desde el terreno. A la derecha, evaporación por huecos del muro

#### IV. CONCLUSIONES

A) La inspección higrotérmica mediante termohigrómetro de lectura directa es un método útil sobre todo en el prediagnóstico de las lesiones por humedad que afectan al edificio. Si se realiza con un protocolo adecuado, proporciona información sobre la posición e intensidad de los focos de evaporación presentes en el edificio.

B) Las lecturas que son útiles y sencillas son las de temperatura y grado de humedad del aire en contacto con los paramentos que se quieren inspeccionar. En una mañana de inspección se pueden llegar a tomar unos 150 datos, si el instrumento tiene la velocidad de respuesta adecuada.

c) Los datos han de ser analizados estadísticamente. Los datos, se pueden cartografiar sobre los planos, obteniéndose un mapa de las zonas húmedas del edificio. Esta información es la base para el prediagnóstico, pues permite estudiar las posibles causas de los focos presentes, así como la relación de estos con los sistemas constructivos, el terreno, los usos, etc.

C) La inspección higrotérmica es la base para todo diagnóstico de humedad en los edificios, y debe establecerse antes de plantear una monitorización u otro estudio más complejo (catas, sondeos geotécnicos, ensayos con toma de muestras, etc).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) HEALY WM. "Moisture sensor technology- A summary of techniques for measuring moisture levels in building envelopes. ASHRAE Transactions 2003, 109 (1); 232
- (2) GRINZATO, E; BISON; PG; MARINETTI, S. "Monitoring of ancient buildings by the thermal method. Journal of Cultural Heritage, 2002; vol 3.
- (3) BARREIRA, E; FREITAS, V.P. "Importante of thermography in the study of etics finishing coatings degradation due to algae and mildew growth". 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components. LYON [France] 17-20 April 2005
- (4) GARCÍA MORALES, S; PALOMO, A. "Moisture in Heritage Buildings. Part I. A new work Methodology" Revista: Architectural Science review, vol 41, 1998

