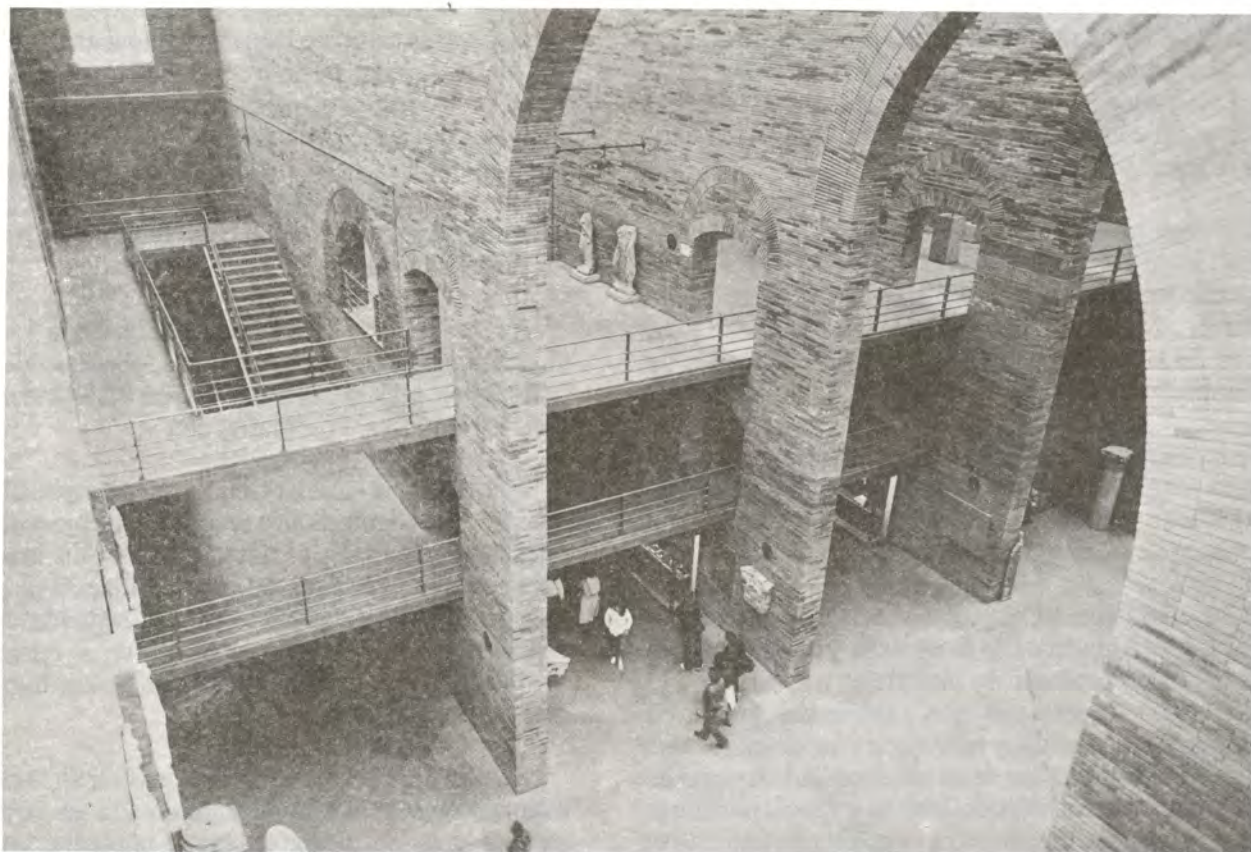


# Control de la humedad relativa en las vitrinas del Museo Nacional de Arte Romano de Mérida

Texto: Juan Altieri Sánchez  
Fotos: Manuel de la Barrera Ocaña  
Planos y gráficos del autor, basados en los originales de Rafael Moneo.



Vista del Museo

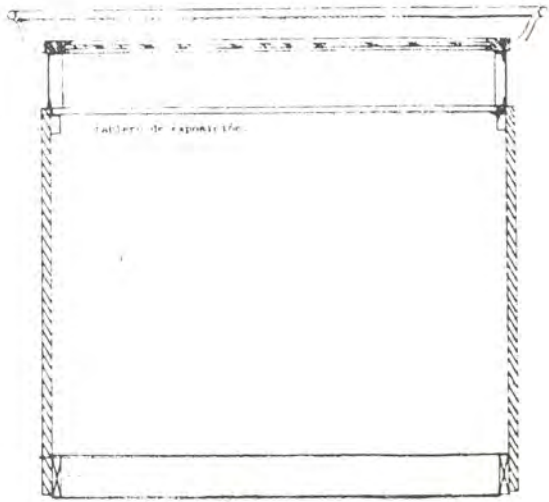
El Museo Nacional de Arte Romano de Mérida alberga los materiales arqueológicos de la colonia romana Augusta Emerita. El centro se inauguró en 1986 en un edificio diseñado por el arquitecto Rafael Moneo, enclavado sobre las propias ruinas de la ciudad junto al conjunto monumental del teatro y el anfiteatro romanos. La zona dedicada a salas de exposición es una vasta nave cortada transversalmente por muros que delimitan diez salas comunicadas en horizontal por dos galerías. Los muros se construyen en hormigón revestido de ladrillo y la cubierta se hace con tejadillos paralelos de cristal a doble vertiente, uno sobre cada sala. El sistema de calefacción se prevé mediante placas radiantes colocadas bajo el suelo.

Las características climáticas de la ciudad de Mérida, con una elevada humedad relativa, junto con la ausencia de climatización en el Museo hacen que las condiciones

ambientales en el interior del mismo sean poco favorables para la conservación de los objetos (1). Durante el invierno la humedad relativa es muy elevada, en torno al 90% e inestable como consecuencia del funcionamiento durante el día de la calefacción. En verano ese porcentaje se reduce pero no baja del 60%.

Al no permitir el edificio un control ambiental que posibilite la conservación, se opta por un sistema de climatización reducido a las vitrinas. Dado que la temperatura no presenta un factor importante pues la amplitud térmica diaria no suele rebasar los dos grados (salvo cuando está en funcionamiento la calefacción) el control se ha de centrar en mantener la humedad relativa dentro de los límites adecuados a los objetos que se exponen.





Esquema 1. Sección del expositor de pedestal.

### Sistemas de control de la HR

El control de la HR puede realizarse bien por medios pasivos o activos. Los medios pasivos son los que emplean agentes acondicionadores o amortiguadores de los cambios de HR. El más habitual es el gel de sílice. Se trata de una forma cristalina de dióxido de silicio con una red porosa por la que puede absorber o liberar humedad. Medios activos son aparatos que modifican continuamente el grado de humedad; habitualmente se usan humidificadores y deshumidificadores eléctricos.

La elección de uno u otro medio dependerá de las características de diseño, hermeticidad y volumen de la vitrina. Para la climatización de una vitrina con gel de sílice es indispensable su hermeticidad. Si no es así el gel absorberá humedad procedente del aire de la sala y llegará a saturarse, haciendo inútil su empleo. De otro lado, para vitrinas de gran tamaño, o en donde no pueda asegurarse la hermeticidad, puede ser más ventajoso utilizar medios activos, colocándose en su interior un deshumidificador.

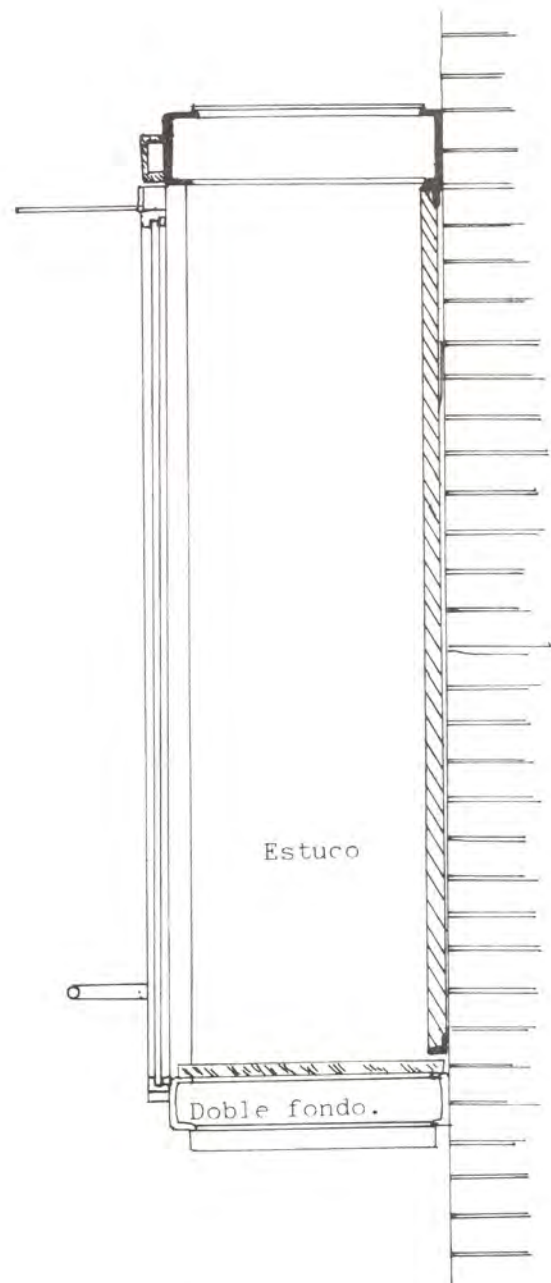
El Museo cuenta con tres tipos de vitrina:

- Expositores, vitrinas de pedestal de pequeño tamaño. Pueden ser modificadas para incorporar un doble fondo y hacerse herméticas (Esquema 1).
- Vitrinas de pequeño tamaño adosadas al muro, con doble fondo. Es muy difícil hacerlas totalmente herméticas, pues el fondo de la vitrina es el propio muro cubierto de estuco, pero modificadas pueden garantizar una relativa hermeticidad (Esquema 2).
- Vitrinas de gran tamaño, adosadas al muro y al suelo, sin doble fondo. Son muy difíciles de hacer herméticas (Esquema 3 y 4).

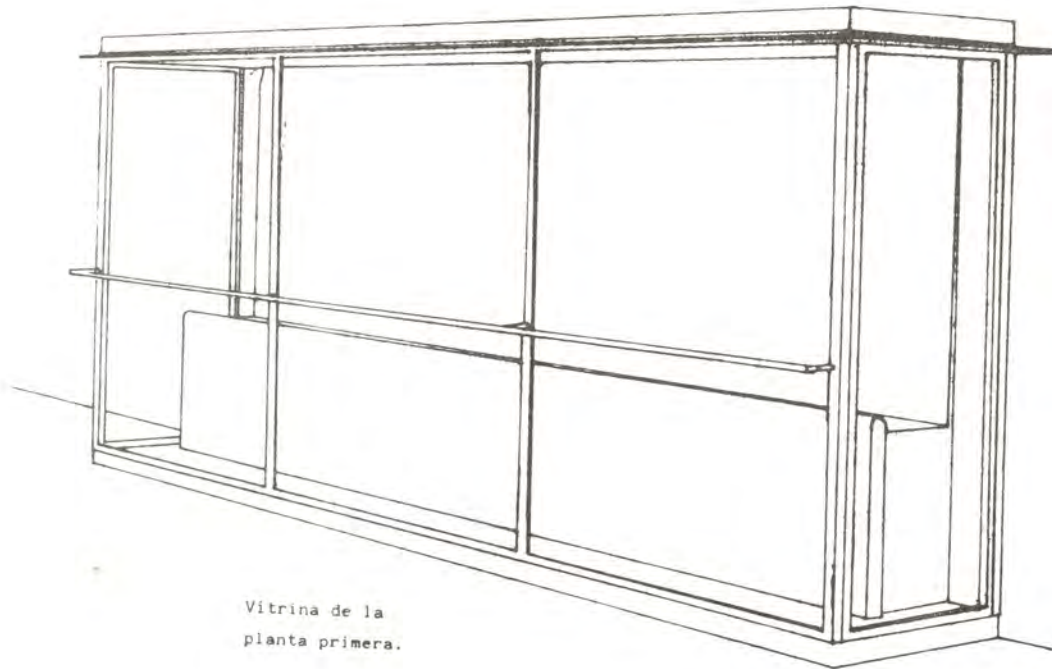
La elección del método fue evidente para los expositores, que se han acondicionado con gel de sílice. Para las vitrinas de pared se han planteado dos soluciones: un sistema integral de control de HR mediante un módulo de regulación, o bien climatizar las vitrinas de pequeño tamaño mediante gel de sílice y las grandes mediante deshumidificadores.

### Regulación de la humedad relativa: expositores (medios pasivos)

El primer tipo de vitrina, el expositor, por su diseño, volumen e impermeabilidad de sus materiales puede servir como medio de control de la humedad relativa, incorporando en su interior un agente amortiguador (gel de sílice) (2).



Esquema 2. Sección de las vitrinas de los pisos 2º y 3º.



Vitrina de la planta primera.

Esquema 3. Vitrina de la planta primera.

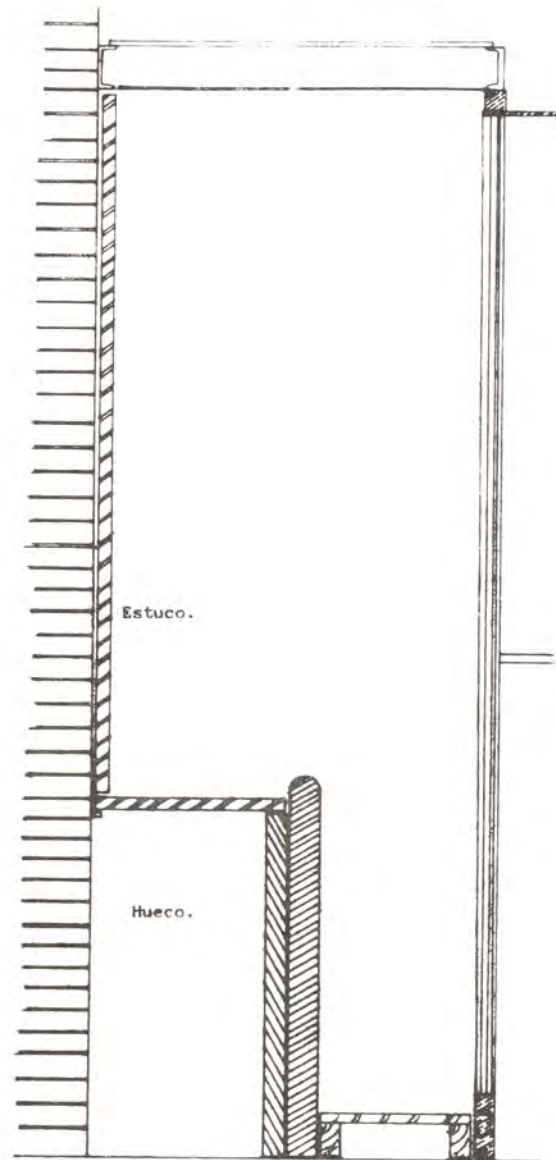
Para ello es preciso efectuar previamente una modificación en la vitrina, para disponer de un doble fondo y asegurar una relativa hermeticidad (Esquema 5); esta modificación consistió en:

- Cierre hermético de todas las juntas y ranuras de la vitrina mediante masilla de silicona.
- Colocación del doble fondo por debajo del tablero de exposición. La profundidad de este doble fondo es la mínima posible, con el objeto de disminuir el volumen de aire a climatizar.
- Cierre hermético del acceso de la vitrina, mediante burletes de goma.
- Recorte del tablero de exposición y colocación de un tirador, para posibilitar el acceso al doble fondo.

Se planteó en un primer momento la posibilidad de un acceso independiente al doble fondo, que no obligara a vaciar el expositor cuando hubiera de retirarse el gel de sílice. Sin embargo se optó por el sistema descrito, pues la modificación necesaria es mucho más sencilla y sobre todo porque asegura una muy buena hermeticidad de la vitrina.

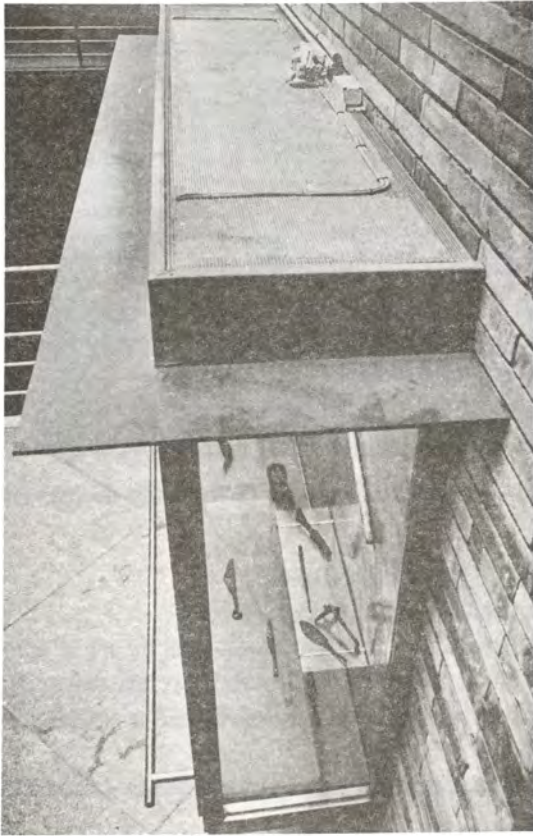
La regulación de la humedad relativa se realiza por las propiedades higroscópicas del gel de sílice, colocado en el doble fondo de la vitrina.

La cantidad de gel de sílice necesario se calcula siguiendo la recomendación de colocar 20 kg. por m<sup>3</sup> de aire a acondicionar (3). De acuerdo al tipo de material que se expone en la vitrina, el gel de sílice debe acondicionarse para que mantenga una humedad relativa determinada. Para los expositores se ha acondicionado el gel de modo que mantenga una humedad relativa dentro de la vitrina estable, en torno al 55% (4).

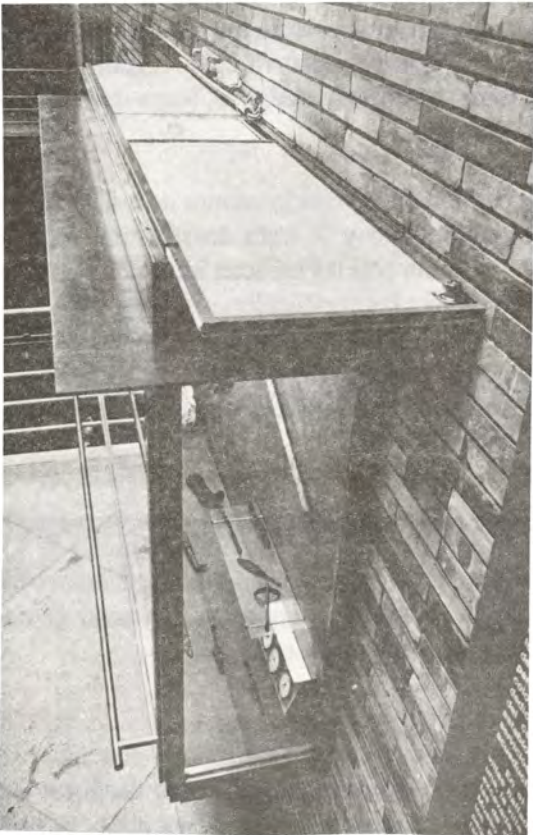


Esquema 4. Vitrina de la planta primera.

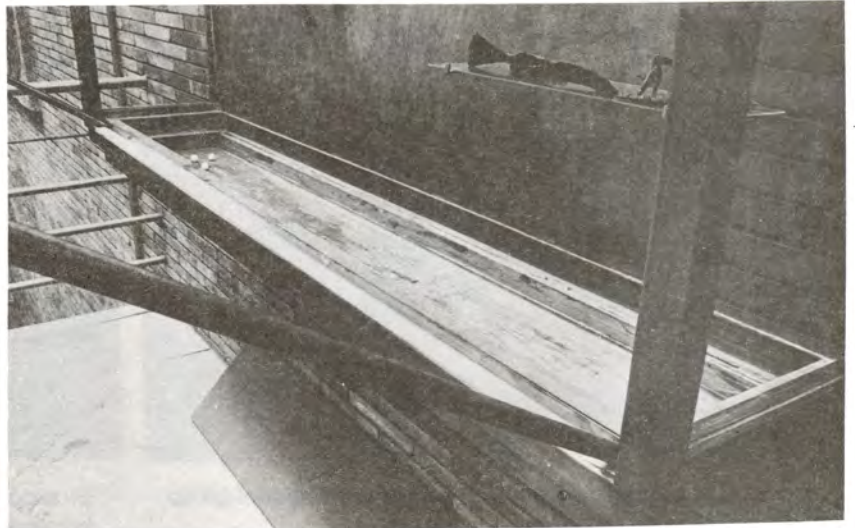




Zona superior de la vitrina de pared antes de su modificación.



Modificación de la zona superior de la vitrina de pared. Acceso al interior, cerradura, filtro de fibra de vidrio.

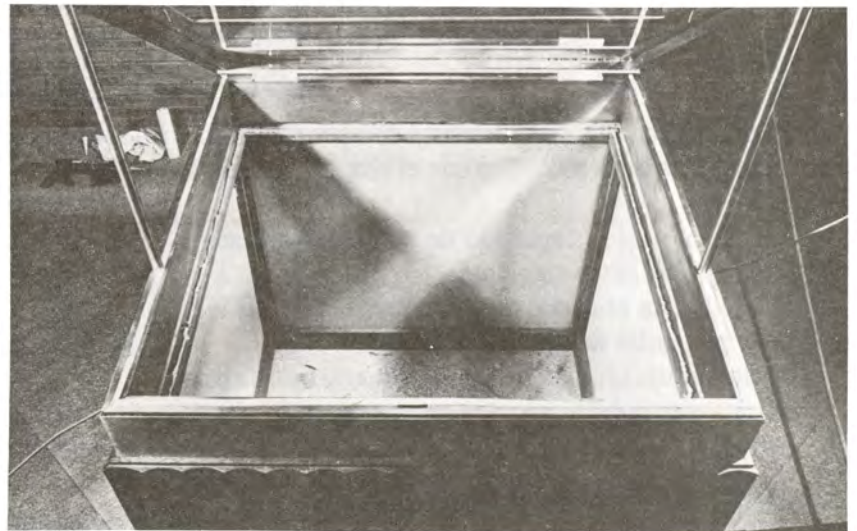


Doble fondo de las vitrinas de pared de pequeño tamaño

El acondicionamiento del gel de sílice se realiza haciéndole absorber una cantidad determinada de agua, de modo que se estabilice con la humedad relativa deseada, sin absorber ni liberar humedad. Este cálculo se efectúa fácilmente, conociendo la variedad de gel. Por ejemplo, el gel de variedad 01 después de absorber un 23% de su peso en agua se mantiene en equilibrio en una humedad relativa del 50% (5).

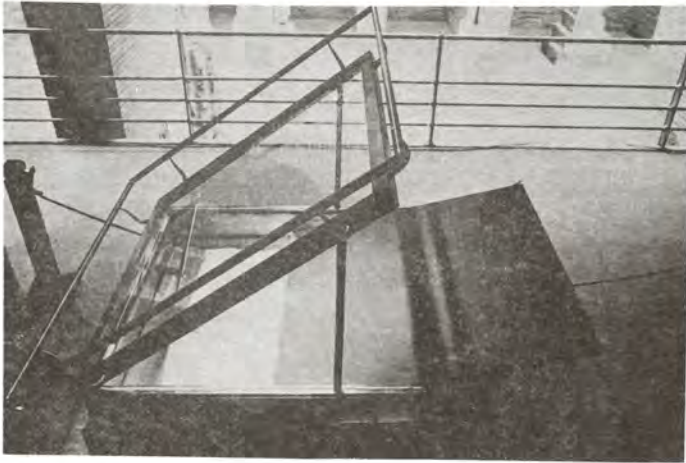
Para el ajuste final del porcentaje de humedad relativa en el interior del expositor, se coloca un higrómetro y se deja evaporar agua, que es absorbida por el gel, hasta que se registra el 55%.

Para facilitar el cambio del gel de sílice del doble fondo, se coloca el agente desecante en sacos de muselina con cierre velcro. La regeneración es un proceso sencillo: se seca totalmente el gel, manteniéndolo un día en la estufa a 120 °C y luego vuelve a acondicionarse como ya se ha explicado. En el interior de cada expositor se colocó un pequeño higrómetro de cabello y no se ha



Interior del expositor al retirar el tablero de exposición. Se coloca masilla de silicona para hacer herméticas las juntas.





Acceso al doble fondo del expositor, donde se coloca el gel de sílice en sacos de muselina.

apreciado ningún cambio en la HR, pese a que en la sala ha fluctuado en un 20% y ha habido variaciones de temperatura de más de 15 °C.

### Módulo de regulación de humedad relativa

Raymond Lafontaine y Stefan Michalsky del Canadian Conservation Institute diseñaron un módulo de regulación de la humedad relativa (6) que reúne las condiciones del sistema que precisan las vitrinas de pared: ser más barato que otros tipos de acondicionamiento (gel de sílice, climatización general de la sala...) estar colocado en el exterior de la vitrina, llevar el aire climatizado por conducciones poco visibles, y contar con un mantenimiento sencillo, realizable por el personal del Museo.

Se trata de un conjunto de aparatos que regulan el porcentaje de humedad relativa del aire y lo introducen en las vitrinas mediante conductos de baja sección. El sistema actúa en sobrepresión: el aire climatizado es introducido en la vitrina y va renovándose al escapar por juntas y ranuras de la vitrina, sin existir un sistema de retorno.

El módulo de regulación consta de varios aparatos. Siguiendo el mismo recorrido que el aire encontramos:

- Pre-filtro, para la captación de partículas gruesas y protector del filtro siguiente.
- Filtro de alta eficacia, para la retención de las más finas partículas de polvo.
- Deshumidificador por refrigeración, con batería para calentamiento del aire hasta la temperatura del aire de las salas.
- Ventilador centrífugo, que proporciona la presión al sistema para poner en circulación el aire. Ha de poseer una considerable presión estática en relación al bajo caudal de aire, consecuencia de la elevada pérdida de carga que originan los filtros y la baja



El expositor con el doble fondo y los burletes de goma ya instalados.

sección de las conducciones.

- Humidificador, tipo evaporativo.
- Control regulador final, mediante gel de sílice acondicionado al porcentaje de humedad relativa deseada.
- Humidostato, que regula humidificador y deshumidificador.
- Sistema de conducciones, que reparte el aire hasta las vitrinas.

### Instalación

Tras estudiar la disposición de las vitrinas en el Museo, se considera que el módulo regulador tiene su situación idónea en la zona superior del laboratorio de restauración. Precisa de la construcción de una pequeña habitación con aislamiento acústico, toma de corriente eléctrica y desagüe.

La disposición de las conducciones de aire se muestra en los esquemas 6 y 7. Esta distribución trata de conjuntar el sistema con las características de las instalaciones del Museo: las conducciones siguen un recorrido paralelo a la distribución de la electricidad de las vitrinas y usa del mismo tipo de tubería. De ese modo, aunque la instalación es visible queda perfectamente integrada en el edificio.

Las conducciones se harán con tubo de PVC rígido, de 50 mm  $\phi$ , que unirán a una acometida general de 300 mm  $\phi$ . Esta acometida saldrá del módulo regulador e irá por la pasarela de servicio superior, llevando el aire climatizado a los ramales de cada sala.

En cada una de las salidas de cada sala y en cada bifurcación para cada vitrina se dispone una llave de control del caudal del aire, con el fin de asegurar una distribución uniforme de acuerdo al volumen de cada vitrina.

Las modificaciones a realizar en las vitrinas son



mínimas. Tan sólo preparar las entradas del aire y colocar una rejilla en la zona opuesta, asegurando una perfecta renovación del aire en toda la vitrina.

Si bien el Canadian Conservation Institute facilita un manual y planos para la construcción del módulo, es necesario que la instalación sea realizada por un técnico especialista en climatización, que verifica las características de caudal, presión estática y modelos de aparatos adecuados.

### Climatización de las vitrinas de pared (medios activos y pasivos)

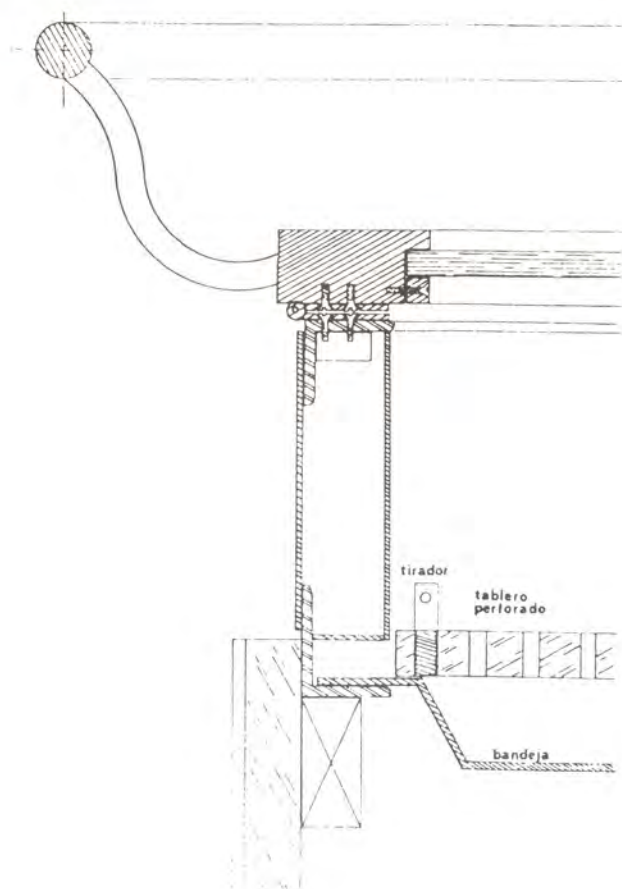
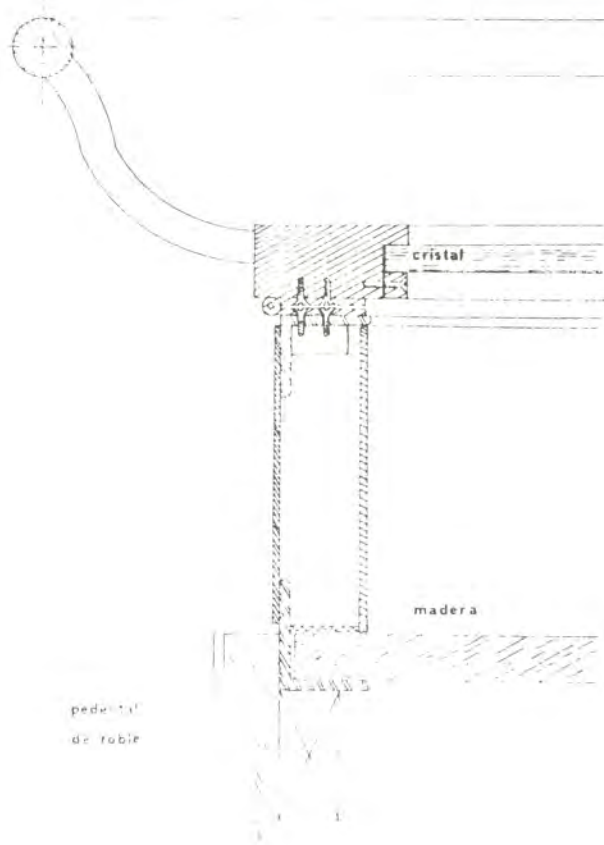
La segunda solución para las vitrinas de pared es una climatización individual para cada una de ellas. El modelo de vitrina de pared de pequeño tamaño posee un doble fondo, susceptible de albergar gel de sílice. Se decidió por tanto ensayar su climatización mediante este sistema para lo que hubo que modificar una vitrina. Al igual que con los expositores se busca la máxima estanqueidad mediante masillas de silicona y burletes de goma. Fue preciso también cambiar el acceso a las lámparas fluorescentes, que antes se hacía desde el interior de la vitrina. Se dispuso para ello una puerta corredera en la zona superior de la vitrina; además se colocó un filtro de fibra de vidrio en la rejilla de ventila-

ción de los fluorescentes, con objeto de evitar la acumulación de polvo en el interior de la vitrina.

Tras colocar el gel acondicionado al 50% se comprobó que éste poco a poco absorbía humedad, procedente del muro del fondo de la vitrina. Sin embargo durante un período de cinco meses mantuvo una diferencia de un 20% respecto de las vitrinas no climatizadas, antes de que fuera preciso regenerar el gel.

Se concluyó que el sistema podía ser válido para estas vitrinas, pese a que obliga a un mantenimiento más costoso que el que necesita el módulo central. Para las grandes vitrinas de pared del piso 1º no parece válido el gel de sílice: no se dispone de un doble fondo, la humedad procedente de la pared y el suelo es mucho mayor; además la cantidad de gel que se precisaría es de casi 100 Kg. por cada vitrina y sería preciso disponer un ventilador en el interior para asegurar una humedad relativa uniforme.

Por ello se considera más adecuado el uso de un deshumidificador regulado por humidostato. El humidostato es un pequeño aparato que conectado al deshumidificador lo pone en funcionamiento hasta que se alcanza la HR deseada. En ese momento el deshumidificador deja de funcionar hasta que la HR aumenta; vuelve entonces el humidostato a conectar el deshumidificador.



Esquema de los expositores antes y después de su reforma.



Ambos aparatos pueden colocarse en la base de la vitrina, aprovechando el espacio que puede abrirse debajo del banco corrido de obra, ahora macizo.

### Conclusión

Los inadecuados niveles de humedad que se registran en el Museo Nacional de Arte Romano pueden ser corregidos de un modo sencillo en el interior de las vitrinas, mejorando la conservación de los objetos expuestos.

Para vitrinas de pequeño tamaño se confirma el gel de sílice como el instrumento más eficaz, siempre que se acondicione previamente y que la vitrina en que se instale reúna las condiciones adecuadas de estanqueidad.

Para vitrinas de gran tamaño y de difícil hermeticidad se ha estudiado el empleo de sistemas activos externos (módulo de control de HR) o internos (deshumidificadores) y la elección de uno u otro sistema dependerá de las mayores o menores dificultades que entrañe su montaje. Seguramente el control de la HR en las vitrinas hubiera sido mucho más sencillo si se hubiera tenido en cuenta en el momento de su diseño e instalación, lo que hubiera ahorrado muchas dificultades y posteriores modificaciones. Dificultades que la colaboración entre restauradores y conservadores habrían podido solucionar.

### Notas

- (1) GARRY THOMPSON: "The Museum environment" Butterworths. "Climatologie et conservation dans les Musées". ICCROM *Travaux et publications*, vol. III. 1960.
- (2) BRIAN RAMER: "Modificación de vitrinas para controlar la humedad". *Museum* 146, 1985.  
GAEL DE GUICHEN, VINICIO GAI: "El control climático de 197 instrumentos musicales". *Museum* 146, 1985.  
MAY CASSAR: "Modelos de vitrinas y control climático: un análisis tipológico". *Museum* 146, 1985.
- (3) GARRY THOMPSON: "Stabilization of RH in exhibition cases: hygrometric half-time". *Studies in conservation*. Vol. 21-22, 1977.
- (4) RAYMOND LAFONTAINE: "Silica Gel". *Technical Bulletin*. Canadian Conservation Institute.
- (5) El cálculo exacto de la cantidad de gel para un volumen dado y la cantidad de agua que este gel ha de absorber, para mantenerse en equilibrio con un %HR determinado se hace según la igualdad siguiente:  
Peso de gel seco = Peso de gel acondicionado / (1 + valor de humedad en equilibrio).
- (6) STEFAN MICHALSKI: "Un módulo de regulación de la humedad relativa". *Museum* 146, 1985.  
RAYMOND LAFONTAINE, STEFAN MICHALSKI: "The control of relative humidity: Recent developments".  
STEFAN MICHALSKI: "A control Module for Relative humidity in display cases". *Science and Technology in the service of conservation*. Preprints of the Washington Congress 1982.



## Casa CARRIL, s.a.

- CENTRAL: Raimundo Lulio, 1 y 2 - Tel. 447 05 12 (8 líneas) 28010-MADRID
- Avenida de América, 2 - Teléfono 246 90 79 - 28028 - MADRID
- Donoso Cortés, 1 - Teléfono 446 35 77 - 28015 - MADRID
- Plaza de Olavide, 12 - Teléfono 447 06 84 - 28010 - MADRID

### MATERIAL FOTOGRAFICO

VIDEO - AUDIOVISUAL  
PAPELES - PELICULAS - PLACAS  
ROLLOS - CAMARAS - OBJETIVOS  
ACCESORIOS - SUPER-8  
LABORATORIO FOTOGRAFICO  
\*  
INSTALACIONES COMPLETAS  
DE GALERIAS FOTOGRAFICAS

PRODUCTOS QUIMICOS  
RAYOS X

\*

ARTES GRAFICAS - MICROFILM  
CIRCUITOS IMPRESOS

\*