



# MANUAL PARA EL USO DE APARATOS Y TOMA DE DATOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN MUSEOS

**Juan A. Herráez**  
**Miguel A. Rodríguez Lorite**

Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales

**MINISTERIO DE CULTURA**

DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES Y ARCHIVOS

**MANUAL PARA EL USO DE APARATOS Y TOMA  
DE DATOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES  
EN MUSEOS**



## INDICE

	<u>Páginas</u>
<b>I. Introducción</b> .....	5
<b>II. Las condiciones ambientales en Museos, Bibliotecas, Archivos y Salas de Exposición</b> .....	7
El Museo como Ecosistema. Los Factores del Medio. Condiciones Ambientales Optimas: 1. Humedad Relativa. 2. Temperatura. 3. Aclimatación de Objetos y Colecciones. 4. Iluminación. 5. Ventilación. 6. Contaminación. 7. Consideraciones en relación al edificio. 8. Vitrinas. 9. Mediciones. Bibliografía.	
<b>III. Instrucciones de uso de los aparatos</b> .....	15
1. Termohigrógrafos. 2. Termohigrómetro electrónico. 3. Luxómetro. 4. Medidor de Radiación Ultravioleta.	
<b>IV. Obtención de datos</b> .....	21
1. Parámetros. 2. Aparatos. 3. Otros aspectos esenciales de las mediciones. 4. Mediciones de temperatura y humedad relativa. 5. Mediciones de iluminación. 6. Plan de mediciones.	
<b>Apéndice</b> .....	29
Ejemplos de gráficas y hojas de datos.	



## I. INTRODUCCION

La importancia que las condiciones ambientales tienen para la conservación de los Bienes Culturales depositados en instituciones como los museos, bibliotecas, etc., requiere en primer lugar una evaluación de estas condiciones, y en segundo, un control de las mismas para evitar o corregir situaciones de riesgo de deterioro para los objetos y obras de arte.

La evaluación de estas condiciones exige la medición de ciertos factores ambientales y la obtención sistemática de una serie suficiente de datos. El posterior análisis de éstos nos permitirá ejercer un control más efectivo de estas condiciones y por lo tanto una mayor eficacia en la conservación de los objetos.

Sin embargo, el estudio y control de las condiciones ambientales en un conjunto de museos requiere una información previa sobre las condiciones generales en cada uno de ellos y un equipamiento mínimo que permita realizar una serie de mediciones con el fin de obtener unos datos básicos de cada institución.

Es por esto, que la Subdirección General de Museos, en colaboración con el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICRBC), Dirección General de Bellas Artes del Ministerio de Cultura, ha emprendido un programa para la evaluación y control de las condiciones ambientales en los museos de titularidad estatal y cuyo primer paso es la adquisición de un número limitado de equipos de medición de distintos factores ambientales para dotación de gran parte de estos museos.

Como complemento necesario al equipamiento se ha elaborado este manual que pretende servir de ayuda para el manejo óptimo de los aparatos, es decir, para la adquisición de datos precisos, teniendo como objetivo el facilitar ciertas normas y consejos relativos a la utilización de los instrumentos de medición y la obtención de datos de ciertos factores ambientales. Esto permitirá obtener una primera información que servirá para conocer las condiciones generales, determinar la necesidad de estudios más profundos y, cuando ello sea preciso, adoptar las medidas de control más adecuadas para cada caso concreto.

Para ello, en primer lugar, creemos necesario partir de ciertas generalizaciones referentes a los distintos factores a considerar y los niveles admitidos como adecuados para la conservación de las distintas categorías de materiales que constituyen nuestros Bienes Culturales.



## II. LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN MUSEOS, BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y SALAS DE EXPOSICION

La influencia de las condiciones ambientales en la conservación de los bienes culturales es una cuestión irrefutable. Cuando ciertos factores del medio como la humedad, la iluminación, los contaminantes del aire, etc., alcanzan ciertos niveles, constituyen, junto a una manipulación incorrecta de los objetos, la principal causa de deterioro de las colecciones de museos, bibliotecas, archivos y salas de exposición.

### El Museo como Ecosistema

Los museos y otras instituciones en las que se conservan gran parte de los bienes muebles del patrimonio cultural forman un sistema complejo <sup>2, 15</sup> en el que distintos factores como el edificio y las características microclimáticas, la proliferación de distintos organismos vivos, como los microorganismos, insectos o roedores, y las distintas actividades humanas, se encuentran estrechamente relacionados, constituyendo un sistema ecológico <sup>3, 15</sup> que determina las condiciones ambientales que soportan las colecciones.

### Los Factores del Medio

Para evitar el efecto degradativo que estos factores puedan ejercer sobre los objetos es necesario controlar artificialmente este sistema manteniendo ciertos factores dentro de unos niveles adecuados para la conservación de las colecciones. Pero es importante tener en cuenta que la modificación de uno de ellos afectará al equilibrio del sistema, alterando a los demás en mayor o menor grado debido a la interrelación sistémica que guardan entre sí.

Existen gran número de estudios científicos y muchas más evidencias prácticas que demuestran la acción de factores como la *humedad*, que cuando alcanza valores extremos puede llegar a degradar principalmente los materiales de origen orgánico y favorecer la corrosión de los metales y la proliferación de *organismos biodegradadores*. La *temperatura* está estrechamente relacionada con la humedad y, además, actúa acelerando o retardando la actividad biológica y las reacciones químicas. La *ventilación* puede alterar los niveles adecuados de humedad relativa y temperatura del aire y a la vez influir en la penetración en el interior del museo de *contaminantes* gaseosos como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) o partículas sólidas como el polvo y el hollín, que al depositarse sobre los objetos favorecerán procesos corrosivos, manchas y proliferación de plagas. La *iluminación*, ya sea natural o



artificial y los distintos tipos de radiación a ella asociada, posee un poder degradativo especialmente sobre los materiales más inestables como tejidos y ciertos tintes y pigmentos. Por último, es necesario considerar ciertos aspectos relacionados con el *edificio y su mantenimiento*, puesto que focos de humedad, tipo de aislamiento que ofrecen sus cerramientos y acúmulos de suciedad pueden influir en los demás factores haciendo imposible el control de las condiciones ambientales dentro de unos niveles adecuados.

Son, por tanto, estos factores los principales a tener en cuenta cuando se intenta evaluar algo tan general como las condiciones ambientales a las que están sometidas las colecciones de un museo, biblioteca, archivo o sala de exposiciones, sin olvidar lógicamente la influencia que las *actividades humanas* ejercen sobre ellos.

## **Condiciones Ambientales Óptimas**

Si el identificar las causas de deterioro de los objetos y los factores que en él influyen es importante, no lo es menos el determinar los niveles que deben mantener éstos para que dichos objetos alcancen el equilibrio con su medio ambiente, ralentizando al máximo su «envejecimiento natural» y llegando a un estado óptimo de conservación. Sin embargo, mientras que es hasta cierto punto posible el destacar de forma general los principales factores a tener en cuenta, el hacer una generalización sobre los niveles óptimos o rangos de variación tolerables de éstos ha de contemplarse con ciertas matizaciones.

Estas matizaciones están referidas en primer lugar a la naturaleza de los objetos, teniendo en cuenta los materiales, la forma en que están ensamblados y la técnica de fabricación; y en segundo, las condiciones a las que han estado expuestos a lo largo de su existencia y los deterioros y tratamientos que han recibido. Todos estos datos determinarán de forma específica las condiciones óptimas para la conservación de cada objeto en particular.

Sin embargo, si el alcanzar unas condiciones ambientales aceptables es un logro importante, el hacer un tratamiento específico a cada objeto parece un objetivo imposible para la mayoría de las instituciones. Por esto, el definir unas condiciones generales de referencia puede ser útil para el ambiente interior del museo, conservando los objetos que tengan unos requerimientos especiales por su naturaleza o por su estado de deterioro en vitrinas o dispositivos específicos.

### **1. Humedad Relativa (HR)**

*Límite mínimo:* Tomando como referencia la respuesta de los materiales orgánicos ante las oscilaciones de la HR del aire <sup>8</sup> se puede establecer un límite mínimo de un 45 por 100 de HR <sup>4</sup> <sup>8</sup>.

*Límite máximo:* Está condicionado por el favorecimiento de la proliferación de microorganismos y otros organismos biodegradadores a determinados niveles de HR, por lo que este límite debe fijarse en el 65 por 100 <sup>4</sup> <sup>8</sup>.

Para determinadas instituciones que soportan climas extremados, siendo muy difícil o imposible mantener estos niveles, se pueden establecer límites diferentes aumentando o disminuyendo en la misma proporción ambos extremos, y siempre que los materiales de los objetos presenten un buen estado de conservación.

*Oscilaciones:* En cualquier caso, es necesario controlar las oscilaciones tanto diarias como estacionales y especialmente evitar cualquier cambio brusco y rápido, de forma que las variaciones diarias no sean mayores de  $\pm 2 - 3$  por 100. Ocasionalmente se pueden tolerar oscilaciones diarias de  $\pm 5$  por 100, pero en ningún caso estas deben superar el rango de variación anual <sup>7</sup>.

*Rango óptimo:* Teniendo en cuenta lo anterior, un rango general óptimo para la conservación de la mayoría de los objetos y colecciones, ya sea en condiciones de exposición o de almacenamiento, puede ser  $55 \pm 5$  por 100 de HR en un rango de temperatura de  $18 \pm 2^\circ \text{C}$ , con un límite máximo de oscilaciones diarias de  $\pm 3$  por 100 <sup>2 14</sup>.

Existen, sin embargo, otros objetos que requieren rangos diferentes de HR para su exposición y almacenamiento como los objetos metálicos, para los cuales pueden ser adecuados niveles entre el 15 y el 30 por 100, el cuero y las pieles que requieren entre un 35 y 58 por 100 durante su almacenamiento a baja temperatura, y las fotografías en color entre un 25 y un 35 por 100 <sup>7</sup>.

## **2. Temperatura (T)**

La T del aire en el interior del museo, en condiciones normales, toma valores que son compatibles con la conservación de las colecciones; sin embargo, su control es necesario por la influencia que este factor tiene sobre la HR.

Aunque para la conservación de los objetos serían adecuadas temperaturas relativamente bajas, un condicionante indudable es el confort del personal del museo y de los visitantes, por lo que un rango óptimo aconsejado por distintos especialistas es de  $18 \pm 2^\circ \text{C}$  <sup>2 14</sup>, con una fluctuación diaria máxima de  $1,5^\circ \text{C}$  <sup>7</sup>.

Para objetos especialmente sensibles a las variaciones de HR en edificios en los que es difícil o imposible mantenerla en invierno dentro de unos niveles aceptables a causa del sistema de calefacción, se puede optar por mantener ciertas zonas a una T menor.

Existen ciertos materiales, como vestidos de cuero y otros objetos de las colecciones etnográficas, especímenes de ciencias naturales, así como fotografías en color, que requieren condiciones especiales de temperatura para su almacenamiento. En este caso se estima necesario un nivel de  $4 \pm 1^\circ \text{C}$  a la HR adecuada y con ventilación suficiente <sup>7</sup>.

## **3. Aclimatación de Objetos y Colecciones**

Si las condiciones microclimáticas actuales del museo no coinciden con las anteriores propuestas para la T y la HR será necesario un cambio gradual de  $\pm 5$  por 100 de HR y  $\pm 2^\circ \text{C}$  de T <sup>7</sup> por semana, como mucho y dependiendo de la naturaleza de los objetos, para aclimatarlos lentamente a las condiciones óptimas para su conservación. De igual forma se procederá con objetos de nueva adquisición que hayan estado sometidos a otras condiciones.

#### 4. Iluminación

La luz es necesaria para la visión de los objetos; sin embargo, el poder de degradación que ejerce sobre ciertos materiales hace necesario su control por encima de consideraciones estéticas que desdennan los criterios de conservación.

Teniendo en cuenta que la luz es una parte de la radiación electromagnética que va acompañada de otras radiaciones no visibles, el control se puede efectuar sobre la composición de la radiación, el nivel de iluminación y el tiempo de exposición. Como los efectos fotoquímicos son acumulativos, estos dos últimos factores se pueden relacionar inversamente, de forma que cuanto mayor sea la iluminación menor ha de ser el tiempo de exposición y viceversa.

*Espectro de la radiación:* La radiación no-visible por encima de los 760 nm de longitud de onda, o radiación infrarroja (IR), se caracteriza por los efectos térmicos que produce y las subsecuentes reacciones físicas y químicas que puede favorecer. En el otro extremo, las radiaciones de longitud de onda inferior a los 400 nm, o radiación ultravioleta (UV), poseen la energía suficiente para ocasionar reacciones químicas en los materiales más inestables, principalmente pigmentos y sustancias de origen orgánico.

Independientemente de la fuente de iluminación, ambos tipos de radiación no-visible ha de ser controlada de forma que la radiación IR no eleve la T de los objetos, especialmente en vitrinas y lugares reducidos, ni afecte a la T y/o la HR del aire, y la radiación UV no supere los 75  $\mu\text{W}/\text{lumen}$  <sup>7, 10</sup>. Los mecanismos para el control de una y otra serán distintos según se trate de luz natural o artificial. En el caso de la iluminación natural el control se puede realizar mediante la utilización de vidrios o filtros especiales, teniendo en cuenta que mientras que la radiación IR es posible controlarla independientemente del resto de la banda de radiación, la UV va íntimamente ligada al flujo luminoso, por lo que aun con el empleo de los filtros más eficaces, si el nivel de iluminación es excesivo, también lo será el de la radiación UV. En cuanto a la iluminación artificial, el control ha de basarse en la utilización de lámparas de espectro de emisión adecuado y la concepción de un proyecto luminotécnico coherente.

*Nivel de iluminación:* La radiación visible (luz) comprendida entre los 400 y los 760 nm también lleva asociada energía que produce efectos fotoquímicos sobre ciertos materiales, aunque de manera irregular a lo largo del espectro de radiación <sup>10</sup>, y dependiendo de las moléculas sobre las que incide. El poder degradativo de la luz depende, asimismo, de otros factores, como la humedad y la contaminación del aire <sup>10, 9, 5</sup>.

Para tratar de minimizar este tipo de deterioro se han adoptado unos niveles de iluminación de referencia <sup>9, 14, 7</sup>, basados en estudios científicos <sup>10</sup>, para la exhibición de objetos y colecciones:

*Iluminación máxima de 50 lux* para objetos especialmente vulnerables, como las acuarelas, tejidos, materiales tenidos, pigmentos procedentes de sustancias animales o vegetales, grabados en color, dibujos, fotografías en color, pergaminos, colecciones de ciencias naturales, etc.

*Iluminación máxima de 150-200 lux* para objetos de sensibilidad media, como grabados en blanco y negro, fotografías y material de archivo, materiales orgánicos no pintados, policromías, pinturas al óleo y acrílicas, materiales pintados y lacados, marfil, etc.

*Iluminación máxima de 300 lux* para objetos de baja sensibilidad a la acción de la luz, como cerámicas, porcelana, vidrio, etc.

Existen ciertos objetos considerados insensibles a la iluminación, como los constituidos por piedra o metales que no sufren fotodegradación, aunque los efectos térmicos ocasionados por la radiación IR y la acción de la radiación UV pueden afectarles <sup>10</sup>.

*Tiempo de exposición:* Para disminuir el tiempo de exposición a la luz de objetos especialmente sensibles a la fotodegradación se pueden instalar dispositivos especiales en las vitrinas, como cortinillas o interruptores con apagado automático, de forma que sólo estén expuestos cuando vayan a ser observados por los visitantes. De la misma forma, en situación de almacenamiento, estos objetos han de estar expuestos a la mínima iluminación posible.

Respecto a la fuente de iluminación existen diferentes criterios principalmente basados en argumentos estéticos de percepción de la obra. Sin embargo, es necesario considerar al mismo tiempo ciertas cuestiones relacionadas con la naturaleza de cada fuente de iluminación si se quiere conservar los objetos y colecciones.

La iluminación natural procedente de la radiación solar, dada su variabilidad y composición, suele aconsejarse prescindir de ella como fuente de iluminación de los objetos debido a la dificultad que supone su control dentro de los límites propuestos anteriormente. En cualquier caso, es imprescindible evitar la exposición directa o a través de vidrios ordinarios sobre los objetos del museo. Los vidrios de las ventanas han de estar dotados de filtros que absorban la mayor cantidad posible de radiación UV y el efecto térmico no ha de afectar ni a los objetos ni a la HR del aire.

La iluminación artificial puede ser a partir de lámparas incandescentes que ejercen un efecto térmico considerable que es necesario controlar, pero que, sin embargo, únicamente menos del 1 por 100 de la radiación que emiten es UV; o lámparas fluorescentes con un efecto térmico mucho menor, pero con una emisión del 3 al 7 por 100 de radiación UV <sup>9</sup>, que no ha de superar el límite propuesto de 75  $\mu$ W/lumen. En cualquiera de los casos es necesario utilizar lámparas de espectro de emisión conocido y que éstas sean concebidas dentro de un proyecto específico que permita compatibilizar las exigencias de la conservación de los objetos con la confortabilidad visual requerida para la iluminación en los museos.

## **5. Ventilación**

Una ventilación adecuada, especialmente en los locales de almacenamiento de las colecciones, es imprescindible para evitar los estancamientos localizados

de aire que pueden favorecer por un lado la proliferación de microorganismos y por otro fenómenos de condensación, ya sea sobre las paredes de la sala o vitrina o sobre los mismos objetos.

La ventilación se puede realizar mediante la apertura de ventanas o puertas, o por medio de un sistema de ventilación forzada. El primer caso puede ser perjudicial para las colecciones cuando el ambiente exterior se encuentra muy contaminado o las condiciones en el exterior pueden modificar el microclima interno. Un sistema de ventilación artificial, por otro lado, puede hacer pasar el aire por filtros que retengan los contaminantes del aire, y si está conectado a un sistema de aire acondicionado mantener al mismo tiempo la HR y la T de forma estable. En ambos casos la velocidad del aire no debe sobrepasar ciertos niveles, proponiéndose el límite de 0.3 m/s, por encima del cual se podrían producir depósitos de suciedad y riesgos de erosión o acción mecánica sobre los objetos <sup>2</sup>.

## **6. Contaminación**

Relacionado con la ventilación, el tema de los contaminantes del aire requiere tenerse en cuenta cuando el museo, biblioteca, archivo o sala de exposición se encuentra en zonas urbanas o industriales. En este caso es necesario eliminar del aire, mediante filtros físicos, al menos el 95 por 100 de partículas de  $1\mu$  de  $\varnothing$  o mayores, y el 50 por 100 de partículas entre 0.5 y  $1\mu$  de  $\varnothing$  <sup>7</sup>

Cuando existan contaminantes gaseosos ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , etc.) será necesario eliminarlos mediante filtros de carbono activo o realizando un «lavado» del aire (en el caso de gases sulfúreos) mediante agua ligeramente alcalina. Los sistemas de filtrado por precipitación electrostática, aunque son muy eficaces, son totalmente inadecuados ya que producen ozono.

Otro aspecto que se puede considerar es el número de cambios de aire por hora en una sala y que dependerá de los contaminantes, el número de visitantes, etcétera.

## **7. Consideraciones en relación al edificio**

El edificio y su equipamiento influyen decisivamente sobre las condiciones ambientales en el interior. Sus cerramientos, en particular, forman una membrana más o menos permeable entre el interior y el exterior <sup>2</sup>. Y, si bien ciertos aspectos relacionados con las características estructurales que influyen directamente sobre factores como la iluminación, la HR o la temperatura son de complicada solución en edificios históricos, existen otros que no lo son tanto y a menudo se descuidan en exceso. Estos aspectos son los relacionados con el mantenimiento y limpieza periódicas que evitarían focos de humedad y suciedad que afectan a las condiciones ambientales en el interior, impidiendo alcanzar los niveles aconsejados.

En cuanto a la iluminación, es aconsejable que las salas de exhibición carezcan de iluminación natural. Si esto no es posible, las ventanas y lucernarios deberán dotarse de filtros UV y vidrios que limiten la iluminación transmitida <sup>5,9</sup> a los niveles antes propuestos en situación de máxima irradiación solar.

En relación al mantenimiento de la temperatura y la HR dentro de los límites aconsejados, es preciso que el edificio esté dotado, especialmente cuando soporta climas extremados, del aislamiento adecuado que además evite fenómenos de condensación.

Especial consideración, en cuanto al mantenimiento de la T y HR, merecen situaciones habituales, como sistemas de calefacción intermitente que pueden provocar una disminución excesiva de la HR durante el día y fenómenos de condensación durante la noche.

## **8. Vitrinas**

Las vitrinas siempre pueden ser un recurso para mantener ciertas condiciones especiales de un objeto o colección, teniendo en cuenta que la iluminación no suministre calor al interior y que deben contener materiales constructivos o de acabado, o sustancias absorbentes como el gel de sílice, que amortigüen las oscilaciones de la HR.

## **9. Mediciones**

El control de las condiciones ambientales adecuadas para la conservación de los objetos exige el conocimiento de los niveles de ciertos factores. La medición de estos factores requiere un equipo costoso que deberá seleccionarse dependiendo de las disponibilidades presupuestarias de cada institución. Sin embargo, se puede considerar el siguiente equipo básico: *termohigrógrafos* para la medición y registro de la T y la HR, dispuestos en cada sala de exposición o almacenamiento; equipo para mediciones puntuales y ajuste periódico de los termohigrógrafos, y que puede consistir en un *psicrómetro de aspiración o electrónico* para la medición de la T y la HR ambiente, un *luxómetro* para medir la iluminación y un *medidor de radiación UV*, entre los que existe un aparato especialmente diseñado para su uso en museos, Crawford UV monitor<sup>5,6</sup>, del que se recomienda el modelo Type 762, que incorpora dos escalas de medición. Especial cuidado ha de ser puesto en la adquisición de termohigrómetros electrónicos, de los que existen multitud de marcas y modelos relativamente baratos, ya que tienen que ser ajustados periódica y habitualmente se venden sin ningún equipo para su calibración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANTONARCHI, C.; GUICHEN, G. DE (1987): Pour une Nouvelle Approche des Normes Climatiques dans les Musées, ICOM Committee for Conservation. 8th Triennial Meeting. Sydney 6-11 september.
2. FEILDEN, B.M. (1982): Conservation of Historic Buildings. Butterworths. London.
3. FEILDEN, B.M.; SCICHILONE, G. (1982): Una Arquitectura Adaptada al Museo. Museum XXXIV, N.º 1, 10-20. UNESCO. París.
4. GUICHEN, G. DE (1979): Le climat. L'Humidité Relative et la Temperature. Cours sur la Prevention dans les Musées. ICCROM.
5. ICOM (1971): La Lumière et la Protection des Objets et Spécimens Exposés dans les Musées et Galleries d'Art. Report 1 ed.
6. LAFONTAINE, R.H. (1980): Recommend Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries. Canadian Conservation Institute (CCI) Technical Bulletin N.º 3. Ottawa.
7. LAFONTAINE, R.H. (1981): Environmental Norms for Canadian, Museums, Art Galleries and Archives. CCI Technical Bulletin N.º 5. Ottawa.
8. MACLEOD, K.J. (1978): Relative Humidity: Its Importance Measurement and Control in Museums. CCI Technical Bulletin N.º 1. Ottawa.
9. MACLEOD, K.J. (1978): Museum Lighting. CCI Technical Bulletin N.º 2. Ottawa.
10. MICHALSKI, S. (1987): Damage to Museum Objects by Visible Radiation and Ultraviolet Radiation. Conference on Lighting in Museums, Galleries and Historic Houses. The Museums Association, United Kingdom Institute for Conservation and Group of Designers and Interpreters in Museums. Bristol 9/10th april.
11. PLENDERLEITH, H.J.; PHILIPPOT, P. (1960): Climatology and Conservation in Museums. Museum XII, N.º 4, 201-289. UNESCO. Paris.
12. PLENDERLEITH, H.J.; WERNER, A.E. (1971): The Conservation of Antiquities and Works of Art. Oxford University Press. Oxford.
13. THOMSON, G. (1986): The Museum Environment. Butterworths. London.
14. UNESCO (1969): La conservación de los Bienes Culturales. Museos y Monumentos XI. París.
15. WARD, P.R. (1982): La Conservación: el Porvenir del Pasado. Museum XXXIV, N.º 1,6-9. UNESCO. París.

### III. INSTRUCCIONES DE USO DE LOS APARATOS

Los equipos adquiridos por la Subdirección General de Museos para el equipamiento de los museos estatales consta de los siguientes aparatos:

- Termohigrógrafos para medida y registro continuo de la temperatura y la humedad relativa del aire.
- Termohigrómetro electrónico para mediciones puntuales de la temperatura y la humedad relativa del aire. También servirán para ajustar los termohigrógrafos si se mantiene calibrado con periodicidad.
- Luxómetro para mediciones puntuales de iluminancia sobre los objetos, bien sea a partir de la luz natural o de la iluminación artificial.
- Medidor de radiación ultravioleta. Aparato, diseñado especialmente para su uso en museos, que mide la cantidad relativa de radiación ultravioleta que acompaña a la luz visible.

Como complemento esencial a este equipo se han adquirido un número limitado de dispositivos o «kits» de calibración para el termohigrómetro electrónico, que estará periódicamente a disposición de cada museo que lo solicite.

Independientemente de las normas de uso que aquí se expongan, han de observarse cuidadosamente las instrucciones que el fabricante dé para cada aparato.

#### 1. Termohigrógrafos

El termohigrógrafo es un aparato que mide la temperatura y la humedad relativa ambiente y las registra en una banda de papel gráfico durante un período generalmente de siete días. Existen aparatos con distintos rangos de medición, siendo adecuados para la mayoría de los casos en el interior de las salas un rango de temperatura de  $-10$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ , y de 0 a 100 por 100 de humedad relativa. La gráfica de registro, con divisiones de  $1^{\circ}\text{C}$  de temperatura y 5 por 100 de humedad relativa, se fija a un tambor que funciona por medio de un mecanismo de relojería accionado por cuerda manual.

También hay termohigrógrafos que tienen la posibilidad de ajustar el mecanismo de relojería a períodos de 24 horas ó 31 días, y efectuar el registro en bandas gráficas adecuadas para esos períodos. Los registros de 24 horas son indicados para observar cambios rápidos en corto espacio de tiempo, mientras que los de 31 días son adecuados para registro de condiciones estables con escasas fluctuaciones.



Estos aparatos son apropiados, tanto por los datos que suministran como por su coste de adquisición y mantenimiento, para indicación de las condiciones ambientales en museos, bibliotecas, archivos y salas de exposición.

El o los aparatos, en el caso de disponer de varios, han de ser calibrados y ajustados periódicamente *in situ*, manteniéndose siempre en el mismo lugar de medición.

Los aparatos han de estar protegidos contra la acción involuntaria o la curiosidad del público, evitando los golpes y manipulaciones poco cuidadosas. Y deben situarse a una altura del suelo a la que se encuentren las obras de arte (entre 0.80 y 1.50 m generalmente).

### 1.1. Cambio de gráfica.

El cambio ha de efectuarse semanalmente, en el caso de registros de siete días, *todos los lunes a las 9.00 horas aproximadamente*. En caso de no poder realizarlo a esta hora habitualmente, se puede hacer a cualquier otra en el intervalo entre las 6.00 y las 10.00 horas.

Para realizar el cambio de gráfica proceder de la siguiente forma:

- a) Poner la fecha y el número del aparato o situación en la que se encuentra ubicado, en la esquina superior izquierda de cada gráfica de recambio antes de realizar el cambio.
- b) Abrir la carcasa del aparato accionando el mando de cierre, cuyo mecanismo depende de cada modelo, para acceder a la gráfica.
- c) Separar los brazos de las plumillas registradoras de la banda de papel por medio de la palanca de separación.
- d) Retirar la gráfica usada, *comprobando que tiene puesta la fecha y el número del aparato*. Apuntar en el reverso de la misma cualquier incidencia que haya sucedido durante la semana y se considere importante en relación a las mediciones que hace el aparato (cambios ocasionales de sitio, golpes accidentales, averías, olvidos de sustitución de la gráfica, etc.)
- e) Colocar la gráfica nueva comprobando su correcta disposición.
- f) Dar cuerda al mecanismo de relojería.
- g) Volver a apoyar las plumillas sobre la banda de papel gráfico, accionando de nuevo la palanca de separación.
- h) Girar la banda suavemente hasta *colocar las plumillas en la hora y el día actuales*.
- i) Cerrar la carcasa de nuevo.

En caso de necesitar mover el aparato de su emplazamiento para manipularlo más fácilmente, hacerlo suavemente y volverlo a colocar de nuevo en el mismo sitio.

Las gráficas utilizadas se archivarán convenientemente para poder obtener en cualquier momento los datos necesarios para evaluar el microclima de cada entorno.

Si se observa que *las plumillas no escriben*, separar los brazos mediante la palanca de separación y, según el modelo, rellenar el receptáculo de cada plumilla con tinta especial para termohigrógrafos, o bien quitar cuidadosamente la plumilla (en el caso de rotuladores de fibra de vidrio desechables) del extremo de los brazos y sustituirla por una plumilla de recambio, procediendo de manera inversa a la de su extracción. *Comprobar que ambas plumillas se encuentran bien alineadas (en la misma hora).*

Es conveniente, el prever con antelación el suministro de gráficas y plumillas (o tinta especial) de repuesto a fin de evitar interrupciones en la obtención de medidas.

## 1.2. Calibración de los aparatos

Los termohigrógrafos tienen como elementos de medición un termómetro bi-metálico en forma de una lámina enrollada en forma circular, de manera que los cambios de temperatura provocan un cambio en el radio del círculo y este movimiento es transmitido al brazo que indica la temperatura sobre la gráfica; y un higrómetro compuesto por un haz de cabello que cambia su longitud con las oscilaciones de la humedad relativa del aire, transmitiendo ese movimiento al brazo indicador. Su precisión suele ser de + 1 por 100 de la medición para la temperatura y de + 3-4 por 100 para la humedad relativa cuando están bien calibrados.

Esta calibración ha de efectuarse periódicamente al menos cada tres meses; sin embargo, en condiciones de humedad baja (por debajo del 60 por 100), el haz de cabello sufre una fatiga mayor que hace necesario unos ajustes más frecuentes.

Los ajustes, aunque no son complicados, han de realizarse por personas adiestradas utilizando como patrón las medidas obtenidas con un psicrómetro o con otro aparato que se tenga la seguridad que está bien calibrado. En el caso de situaciones de extrema sequedad o períodos de inutilización del aparato, será necesario la regeneración del haz de cabello humedeciéndolo con *agua destilada* por medio de un pincel limpio o bien cubrir el haz con un trapo empapado en agua. Entonces la aguja deberá indicar un 95 por 100 de HR; en caso contrario, accionar el mando de ajuste de higrómetro hasta que la plumilla alcance este nivel. Para el ajuste de la temperatura bastará con la comparación de la medida, después de unos 20 minutos, con un termómetro preciso de mercurio situado lo más próximo posible al elemento de medición. En caso necesario ajustarlo mediante el mando del termómetro.

Para cualquier manipulación, evitar siempre tocar con los dedos los elementos de medición y mantenerlos limpios de suciedad.

## 2. Termohigrómetro electrónico

Es un aparato que mide la temperatura y la humedad relativa ambiente en diferentes rangos dependiendo de las características de cada sensor. Son aparatos

portátiles, alimentados eléctricamente a pilas, adecuados para mediciones puntuales por su corto tiempo de respuesta y buena exactitud si se manejan correctamente y están bien calibrados.

### 2.1. *Modo de empleo*

Los puntos y frecuencia de las mediciones dependerán de cada caso concreto, siendo necesario estudiar de antemano un plan de mediciones.

Para efectuar las mediciones es preciso tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- a) Asegurarse, antes de las mediciones, que el aparato tiene suficiente carga en las baterías. Es aconsejable disponer en todo momento de pilas de repuesto en previsión de un eventual agotamiento o descarga de las mismas.
- b) Comprobar la fecha del último ajuste del aparato, y en caso necesario proceder a su calibración.
- c) Manejar el sensor cuidadosamente, evitando el contacto con los dedos o la exposición a salpicaduras de agua o altas temperaturas de los electrodos.
- d) Realizar la medición situando el sensor lo más alejado posible del cuerpo del observador o de cualquier otro foco de calor, frío o humedad para evitar posibles perturbaciones, cuando lo que pretendemos medir es la temperatura y la humedad relativa del aire.
- e) El tiempo para cada medición dependerá de la capacidad de respuesta del sensor de cada aparato y de la diferencia de las condiciones entre dos medidas sucesivas, por lo que habrá que asegurarse de que el tiempo empleado ha sido suficiente. Para ello se pueden realizar varias medidas sucesivas en el mismo punto, hasta que los valores obtenidos sean iguales. Esto es especialmente importante al realizar la primera medición de cada sesión, después de sacar el aparato de su estuche protector.

De forma general, cuanto menor sea el movimiento del aire, mayor será el tiempo necesario para cada medición, por lo que para detectar pequeñas variaciones puede ser útil el agitar suavemente el sensor.

- f) Anotar cada medida inmediatamente, indicando el punto de medición y la hora en que ha sido realizada.
- g) Después de cada sesión de mediciones, guardar el aparato en su estuche protector para evitar golpes, acúmulos de suciedad en el sensor o cualquier otra agresión.

### 2.2. *Calibración*

Los termohigrómetros electrónicos tienen como elemento de medición un sensor mixto basado en las propiedades de circuitos eléctricos. La respuesta de estos circuitos, que varía según los niveles de temperatura y humedad relativa del aire, se traduce electrónicamente a las escalas correspondientes ( $^{\circ}\text{C}$  y  $\%$ ) de estos factores.

Su exactitud, aunque depende del poder de resolución del aparato, puede ser buena si están correctamente calibrados de forma periódica, siendo aun más importante esta calibración si se utiliza el termohigrómetro como patrón para ajustar otros aparatos (termohigrógrafos, higrómetros, etc.) que acumularían el error que éste tuviera. Es por esto que cada termohigrómetro debe ir acompañado de un «kit» de calibración que se utilizará en cada caso según las instrucciones del fabricante.

### **3. Luxómetro**

Es un aparato con el cual se pueden medir iluminancias. Teniendo en cuenta que lo que denominamos luz visible es la parte del espectro de radiación capaz de impresionar la retina humana, la *iluminancia* es la cantidad de luz que alcanza una determinada superficie expresada en lux. El sensor consiste en una célula fotosensible, cuya respuesta es convertida electrónicamente en unidades de iluminancia con la corrección tanto del coseno del ángulo de incidencia como de la sensibilidad espectral para luces de colores diferentes. Los que se utilizan actualmente son luxómetros físicos que han desplazado ampliamente a los visuales, una vez resueltos los problemas que los hacían poco fiables. Son aparatos portátiles alimentados eléctricamente a pilas y adecuados para mediciones puntuales en museos.

El rango de medición del aparato ha de ser de 1 a 100.000 lux, con escalas en lux y klux (kilolux,  $10^3$ lux), y la exactitud debe situarse en un porcentaje de error en torno al 3 por 100 de la medición.

#### *3.1. Modo de empleo*

Los puntos y frecuencia de las mediciones dependerán de cada caso concreto, siendo necesario estudiar de antemano un plan de mediciones.

Para efectuar las mediciones es preciso tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- a) Asegurarse, antes de las mediciones, que el aparato tiene suficiente carga en las baterías. Los luxómetros más elementales, con células fotosensibles de selenio, no necesitan pilas.
- b) Manejar el sensor cuidadosamente evitando los golpes y el depósito de suciedad sobre la célula.
- c) Comprobar, al efectuar las mediciones, que el cuerpo del observador o de cualquier otro objeto no interfiera en las medidas.
- d) Anotar cada medida inmediatamente, indicando el punto de medición y las observaciones referentes a la fecha, hora y estado de la atmósfera cuando se realicen mediciones de la iluminación natural.
- e) Después de cada sesión de mediciones, guardar el aparato en su estuche protector para evitar golpes, acúmulos de suciedad en el sensor o cualquier otra agresión.

### 3.2. Calibración

Existen luxómetros dotados de autocalibrado automático, pero en caso contrario habría que realizar la calibración al menos una vez al año.

## 4. Medidor de radiación ultravioleta (UV)

Es un aparato que nos mide la cantidad de radiación UV asociada a la luz global incidente expresada en  $\mu\text{W}/\text{lumen}$ . El elemento medidor consiste en un par de células que detectan la cantidad de radiación UV entre 300 y 400 nm, para un rango de luz incidente entre los 300 y 700 nm de longitud de onda. Es eficaz para niveles de iluminancia comprendidos entre 10 y 50.000 lux.

Son aparatos portátiles alimentados eléctricamente a pilas.

Según el fundamento y la unidad de medición utilizada por este aparato, es imprescindible tener en cuenta ciertas consideraciones.

En primer lugar, el  $\mu\text{W}/\text{lumen}$  ( $\mu\text{W}$ , microvatio  $10^{-6}\text{W}$ ) nos expresa el flujo de energía de la radiación UV.

$$1 \text{ W(vatio)} = 1 \text{ J(julio)/s}$$

por unidad de flujo luminoso, el lumen, que equivale en unidades de iluminancia a:

$$1 \text{ lumen} = 1 \text{ lux m}^2$$

Esto significa que la cantidad de energía total de la radiación UV dependerá del nivel de iluminancia, por lo que la cantidad de  $75 \mu\text{W}/\text{lumen}$  propuesta como límite máximo de la proporción de radiación UV asociada a la iluminación incidente sobre los objetos y colecciones del museo, está referida a los límites de iluminancia aconsejados para cada categoría de los objetos (pág. 8).

### 4.1. Modo de empleo

Para efectuar las mediciones con el medidor de UV deben tenerse en cuenta las mismas observaciones apuntadas más arriba para el luxómetro.

Como ya se ha mencionado, las mediciones realizadas con este aparato deben relacionarse con los datos de iluminancia en cada punto.

### 4.2. Calibración

Los medidores de radiación ultravioleta utilizados habitualmente en los museos, Crawford UV monitor, no llevan instrucciones del fabricante sobre la necesidad de calibración de los aparatos y la forma de efectuarla, por lo que la obtención de mediciones extrañas y la comparación con otro aparato idéntico serán las únicas formas de detectar un funcionamiento anómalo y la necesidad de enviar el aparato al fabricante para su ajuste.

## IV. OBTENCION DE DATOS

Ya que la correcta evaluación de las condiciones ambientales en situaciones concretas y el estudio de las medidas de control más adecuadas, cuando ello sea preciso, es una tarea compleja que requiere el concurso de personal especializado con conocimientos básicos sobre la naturaleza física de los factores del medio y de los fenómenos que determinan su variación e interrelación, nos limitaremos aquí a facilitar la información necesaria que permita al personal del museo detectar situaciones de riesgo para la conservación de los objetos en relación a unas condiciones generales propuestas en el apartado II de este manual.

La medición de una serie de factores ambientales ha de tener un objetivo claro para la consecución, del cual habrá que planificar las mediciones que se efectúen, ya que sin esta planificación las mediciones pueden ser totalmente inútiles.

En primer lugar hay que considerar los datos o parámetros que queremos obtener para su posterior estudio, y el tipo de aparatos de que se dispone y los datos que éstos nos van a suministrar.

### 1. Parámetros

En cuanto a los parámetros que más nos interesa estudiar para conocer las condiciones ambientales que soportan los objetos y colecciones son, de forma general:

#### a) *Niveles medios y extremos*

Obtención del suficiente número de datos continuados que nos permita calcular la media aritmética y observar los valores extremos (máximos y mínimos). Para la *temperatura y humedad relativa* del aire se requieren datos continuos durante períodos de tiempo como mínimo anuales. Para la *iluminación natural* se requieren datos continuos de iluminancia y radiación ultravioleta durante el período diurno, mientras que para la *iluminancia artificial* serán suficientes mediciones puntuales para ambos factores.

#### b) *Magnitud y frecuencia de las oscilaciones*

Obtención del suficiente número de datos continuados que nos permita observar las oscilaciones cíclicas (diarias, estacionales, anuales, etc.) y ocasionales (afluencias masivas de visitantes, limpieza, apertura de ventanas, etc.). Para la *temperatura y humedad relativa* del aire y la *iluminación*

*natural* se requieren datos continuos anuales para las oscilaciones cíclicas, y datos continuos durante el tiempo que dure la perturbación para las oscilaciones ocasionales.

c) *Datos puntuales*

Realización de mediciones puntuales sobre los niveles que alcanzan los distintos factores, *temperatura, humedad relativa, iluminancia y/o radiación ultravioleta*, en un punto determinado (esquinas o zonas limitadas con cierto grado de aislamiento, objetos o colecciones concretas, puntos muy localizados en objetos y locales, etc.) que deberán ser comparadas con los parámetros generales.

d) *Comprobaciones puntuales*

Realización de mediciones puntuales para la comprobación de los aparatos y dispositivos de medida o control de que disponemos (termohigrógrafos, aire acondicionado, humidificadores, sistema de iluminación artificial, filtros de radiación UV de las ventanas, etc.).

## 2. Aparatos

Por otro lado, el termohigrógrafo es el único aparato, en el equipamiento considerado, que nos va a proporcionar datos continuados, ya que tanto el termohigrómetro como el luxómetro y el medidor de UV proporcionan medidas puntuales. No obstante, mediante estos tres últimos aparatos podemos obtener una secuencia suficiente de datos si repetimos las mediciones con la frecuencia precisa.

## 3. Otros aspectos esenciales de las mediciones

En relación a la práctica de la medición para obtener los parámetros antes mencionados es necesario considerar los siguientes puntos:

### 1.º *Puntos de medición*

Otra variabilidad de los factores considerados son las *variaciones espaciales* en un momento determinado, que dependen de las dimensiones y forma de las salas, vitrinas, etc., y de los objetos. Esta variabilidad determinará los puntos en los que hemos de realizar las mediciones para poder obtener una distribución espacial de los parámetros que se desea obtener.

### 2.º *Frecuencia de las mediciones*

Cuando se trate de obtener parámetros que impliquen datos continuados hay que tener en cuenta la frecuencia de las mediciones, que vendrá

*determinada por la velocidad o el ritmo al que se produzcan las variaciones temporales. Cuando se utilicen los termohigrógrafos únicamente habrá que cambiar las gráficas semanal o mensualmente, mientras que cuando se utilicen los demás aparatos habrá que repetir las mediciones según la variabilidad de cada factor.*

### 3.º *Medidas de referencia*

La sala del museo, el almacén, una zona de exposición determinada o una vitrina no son sistemas aislados de su entorno. Para evaluar los intercambios de energía calorífica, de vapor de agua, etc., que se producen en un lugar determinado es necesario conocer lo que ocurrirá en su entorno inmediato realizando medidas que nos servirán de referencia muy útil para identificar el origen y la dinámica de una variación.

Finalmente, tratando de abarcar la problemática habitual y común a la mayoría de los museos, se puede considerar que los tres principales elementos en los que tendremos que efectuar mediciones serán: la *sala de exposición*, la *vitrina* y el *almacén*. Cada uno de estos tres elementos tiene unas características particulares dependiendo de su estructura, forma, dimensiones, equipamiento, uso, etc., pero a la vez están interrelacionados, de forma que no se pueden estudiar las condiciones de una vitrina sin tener en cuenta las condiciones de la sala y viceversa, como ya se ha mencionado anteriormente.

### 4. Mediciones de temperatura y humedad relativa

Los puntos de medición de la temperatura y la humedad relativa del aire deberán situarse considerando, por un lado, compartimentos o entornos más o menos aislados como, por ejemplo, una sala, una subdivisión de la sala, una vitrina, una parte aislada del almacén, etc. Por otro, los lugares en los que se prevean o detecten alteraciones o perturbaciones de las condiciones generales de estos compartimentos, es decir, ventanas, puertas, focos de humedad, radiadores de la calefacción, salidas del aire acondicionado, etc.

La velocidad y la magnitud de las oscilaciones determinarán la frecuencia con que deben ser realizadas las mediciones, en el caso de no disponer de termohigrógrafos suficientes. Así, aunque lo ideal es disponer de registros continuos, para compartimentos que presenten condiciones estables puede ser suficiente el realizar dos o tres medidas de comprobación espaciadas a lo largo del día. Por otro lado, para compartimentos que estén sujetos a oscilaciones diarias, o de los que se desconoce su dinámica, será necesario considerar los datos registrados cada hora o cada dos horas, o realizar mediciones puntuales con esta frecuencia.

En el caso de variaciones bruscas ocasionadas por la apertura de puertas o ventanas, el efecto de la conexión esporádica de algún tipo de iluminación (cine, tv, foto, etc.), una concentración masiva de visitantes, la limpieza de suelos, etc., hay que tener en cuenta la velocidad de respuesta de cada aparato. El termohigrómetro puede ser más adecuado en estos casos.



La ubicación de los termohigrógrafos y/o de las sondas para mediciones puntuales con el termohigrógrafo ha de ser a la altura a la que se encuentran las obras de arte y los objetos, generalmente entre 0.8 y 1.5 m del suelo, o próximos al foco de calor, humedad, etc., que cause las perturbaciones.

## 5. Mediciones de la iluminación

Para la toma de datos relativos a la iluminación hay que tener en cuenta una serie de factores al efectuar las mediciones, como son:

- tipo de lámpara y edad de la misma,
- tipo de iluminaria y de balasto,
- reflectancias de las superficies adyacentes,
- en caso de lámparas fluorescentes, esperar aproximadamente veinte minutos antes de realizar las mediciones con el fin de que la lámpara alcance su máximo rendimiento,

– estado de mantenimiento y fecha de la última limpieza.

Para aquellas salas que posean un sistema de alumbrado general conviene tener una idea precisa del valor de la iluminancia. Para ello se dividen en superficies de un metro cuadrado, realizando las mediciones a una altura aproximada de 1.5 m, situando la célula fotosensible siempre en posición horizontal.

Una toma de datos menos precisa, pero suficientemente significativa se puede efectuar calculando el «índice local», que se define:

$$\text{Índice local} = \frac{l \cdot w}{h (1+w)}$$

donde  $l$  es la longitud local,  $w$  la anchura local y  $h$  la distancia de las luminarias a 1.5 m del suelo.

Según el valor del índice, tomamos un número determinado de puntos de medición de acuerdo con la siguiente tabla:

Índice	Número de puntos
<1	4
entre 1 y 2	9
entre 2 y 3	16
>3	25

Cuando, además de la iluminación general, existe una iluminación suplementaria localizada, será necesario evaluar independientemente los efectos de cada fuente.

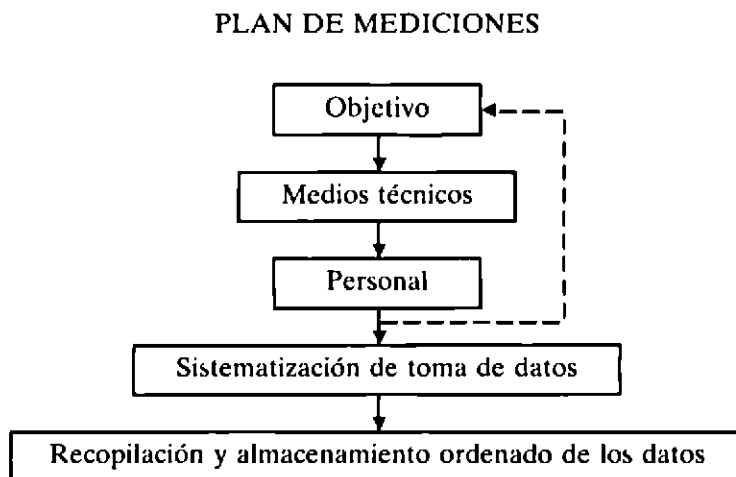
Por otro lado, el modo más usual de realizar las mediciones es el de la iluminancia sobre un plano de exposición, para el caso común de objetos bidimensionales como cuadros, tapices, etc. Para ello, será preciso efectuar varias mediciones, dependiendo del tamaño y la forma, ya que el grado de uniformidad de la iluminación es normalmente bajo. Si el tamaño del objeto es grande, será necesario efectuar mediciones en el centro y en los extremos o realizar mediciones según una cuadrícula imaginaria. Las mediciones se realizarán de dos formas: la iluminancia sobre el plano vertical, situando el sensor paralelo al objeto, que nos dará una idea de la radiación difusa que alcanza la obra de arte; y la iluminancia con el sensor orientado hacia la fuente luminosa, que usualmente nos dará valores más altos. En estas mediciones los valores que más nos interesan son los extremos. Los gradientes excesivos pueden provocar un deterioro mayor que una iluminancia uniformemente alta.

En el caso de la toma de datos en vitrinas con el sistema de iluminación incorporado será preciso realizar mediciones sobre el plano horizontal a distintas alturas.

Para la iluminación natural es posible, basándonos en datos de insolación de la localidad y mediciones puntuales en determinadas épocas del ciclo anual, deducir los valores de iluminancia en un plano de exposición determinado por medio de un modelo matemático. Sin embargo, este método puede ser ciertamente complicado para el observador, por lo que para estudiar la influencia de este tipo de iluminación se pueden efectuar mediciones periódicas durante las horas diurnas.

## 6. Plan de mediciones

Es, por tanto, esencial el diseñar un *plan de mediciones* adecuado al objetivo que nos proponamos, es decir, de acuerdo con las condiciones que queramos evaluar y los parámetros que se quieran obtener, teniendo en cuenta al mismo tiempo los medios de que disponemos. De forma esquemática, la planificación previa de las mediciones ha de contemplar los siguientes aspectos:



El *objetivo* de las mediciones tiene que estar enfocado a la obtención de los parámetros más arriba enunciados, es decir, niveles medios y extremos, magnitud y frecuencia de las oscilaciones, datos puntuales, etc.

La planificación de los *medios técnicos* hace referencia a la previsión de los aparatos que se van a necesitar y las limitaciones que tenemos con el equipamiento. Los medios técnicos necesarios dependerán fundamentalmente de los parámetros que tenemos como objetivo determinar y de las características de los lugares de exposición o almacenamiento de los objetos. En este apartado es necesario contemplar al mismo tiempo la calibración periódica de los aparatos y el suministro de recambios de gráficas, plumillas, pilas, etc., que se vayan a necesitar durante el período de mediciones.

El siguiente paso es la previsión del *personal* necesario para efectuar las mediciones y el mantenimiento y calibraciones de los aparatos. Es aconsejable que exista una previsión de personal suplente, convenientemente adiestrado, que pueda sustituir al observador habitual en caso de ausencia imprevista de este último.

Una vez consideradas las limitaciones que los dos puntos anteriores van a imponer en cada uno de los casos particulares, habrá que reconsiderar si es posible el objetivo que en principio nos hemos propuesto, y en caso negativo volver a replantear este objetivo.

En caso positivo se procederá a diseñar una *sistematización de la toma de datos* que debe quedar reflejada por escrito, por muy elemental que sea, con el fin de que, aunque se produzcan cambios de los observadores o ajustes posteriores en el programa de mediciones, los datos puedan ser evaluados por otras personas. Esta sistematización debe abarcar tanto a los puntos de medición como a la frecuencia de las mediciones. Para la ubicación de los puntos de medición es aconsejable utilizar planos o esquemas de la sala, almacén, vitrina u objeto, utilizando una nomenclatura distinta para cada uno de ellos.

Por último, el plan de mediciones ha de contemplar un procedimiento o metodología de *recopilación y almacenamiento de los datos* que permita una accesibilidad a los mismos para cualquier persona. Para ello es conveniente crear unos impresos u hojas de datos acordes con el sistema de mediciones programado, de los que puede servir de ejemplo los adjuntados como apéndice en este manual.

En una fase posterior se realizaría un tratamiento estadístico elemental de los datos para obtener los parámetros antes considerados y que nos permitirían, entonces, obtener ciertas conclusiones sobre los niveles óptimos o no de los factores medidos. En el caso de detectar situaciones anómalas sería precisa la realización de estudios más detallados por parte de técnicos especializados que evaluarían la situación para determinar las medidas de control más adecuadas.

En este sentido, es necesario resaltar la importancia que tiene la realización de mediciones adecuadas y precisas, por el personal del museo, y lo esencial de detallar exactamente los datos y métodos utilizados cuando se elaboren gráficos o se calculen ciertos parámetros, ya que esta información podría ser utilizada como punto de partida para otros estudios. Como ejemplo se puede citar que para realizar cálculos de la media de algún factor o se utilicen los datos de las gráficas de los termohigrógrafos ha de detallarse qué datos se han utilizado.

La obtención de datos adecuados no sólo es importante para la detección de situaciones de riesgo, sino que debe proporcionar una información básica para un análisis más profundo del fenómeno.

Es en este punto cuando se puede comprender fácilmente la necesidad de un conocimiento mínimo, tanto de la información que podemos obtener con los aparatos, como de los fundamentos de los factores que vamos a medir.



## **APENDICE**



Datos de Temperatura y Humedad Relativa: .....

.....

Institución: .....

.....

Período de tiempo observado: .....

.....

Instrumento/s utilizado/s: .....

Fecha de la última calibración: .....

Método de calibración: .....

.....

Día	Hora	Punto de medición	HR %	* T	Observaciones

Comentarios sobre los datos: .....

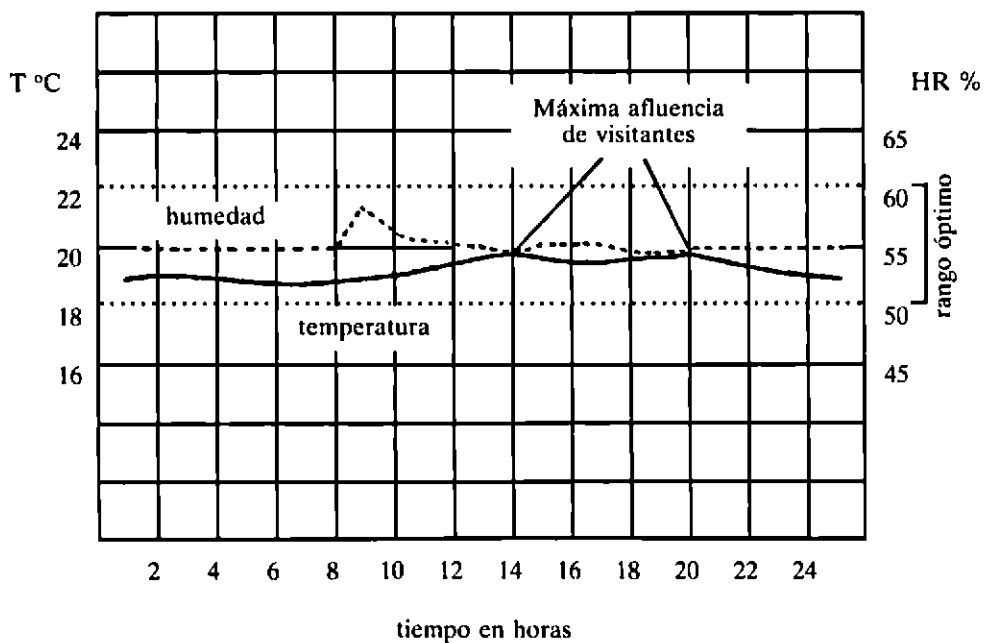
.....

Nombre del observador: .....

.....

Ejemplo de hoja para la recogida de datos de temperatura y humedad relativa en la que figuran ciertas referencias de interés que deben reseñarse.





Gráfica de la variación de temperatura (T) y humedad relativa (HR) en la Sala de Exposiciones de la Academia de Bellas Artes de San Fernando durante la exposición de pinturas «Maestros Antiguos de la Colección Thyssen-Bornemizsa», Madrid, 14 de diciembre de 1987 a 27 de febrero de 1988.

Ejemplo de gráfica en la que se reflejan las curvas de temperatura y humedad relativa diarias haciendo referencia a ciertas incidencias observadas.

## ILUMINANCIA GENERAL

	E <sub>h</sub>	UV										
K < 1												
1 < K < 2												
2 < K < 3												
K > 3												

$\hat{E}_h$	$\hat{U}\hat{V}$	$\hat{E}_{uv}$	$E_{uv} / E_{uv,r}$

$$\hat{E}_h = \Sigma E_{h_i} / n$$

$$\hat{U}\hat{V} = \Sigma UV_i / n$$

$$\hat{E}_{uv} = \Sigma E_{h_i} \times UV_i / n$$

$$E_{uv,r} = 3750 \quad \mu W/m^2 \text{ para objetos muy sensibles}$$

$$E_{uv,r} = 15 \times 10^3 \quad \mu W/m^2 \text{ para objetos sensibles}$$

l: longitud local

w: anchura

h: altura luminarias a h<sub>i</sub>

h<sub>s</sub>: 1.50 m del suelo

$$K = \frac{1 \times w}{h(1 + w)}$$

Ejemplo de hoja para la recogida de datos de la iluminación.

### VITRINA / PLANO DE EXPOSICION

	lux $E_h$	lux $E_v$	mw/lumen UV	mw/m <sup>2</sup> $En_{uv}$	En <sub>uv</sub> / En <sub>uv,r</sub>
<b>ALTO</b>					
<b>MEDIO</b>					
<b>BASE</b>					

$E_h$  = Iluminancia sobre plano horizontal (para vitrina).

$E_v$  = Iluminancia sobre plano vertical (para plano de exposición).

$En_{uv}$  = UV (mw/lumen) ×  $E_{h \text{ ó } v}$  (lux).

$En_{uv,r}$  = Energía admisible de UV por unidad de tiempo y superficie.

Ejemplo de hoja para recogida de datos de iluminación en vitrinas.

**MINISTERIO DE CULTURA**  
**Plaza del Rey, 1 - 28004 Madrid**  
**D. L.: M-25535 - 1989 Imp. Ministerio de Cultura**  
**I.S.B.N.: 7483 - 562 - 3**  
**NIPO: 301 - 89 - 001 - 1**