



PROYECTO: CÁMARA DE CONSERVACIÓN DE LIBROS PARA LA BIBLIOTECA HISTÓRICA DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

PROJECT: BOOK PRESERVATION CHAMBER FOR THE HISTORICAL LIBRARY OF THE UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

Autor:

Luciano Pardo Pardo. Universitat de València. Servei de Biblioteques i Documentació. luciano.pardo@uv.es

Resumen:

Las dificultades para conseguir unas condiciones ambientales óptimas para la conservación de nuestro patrimonio bibliográfico y el elevado coste económico necesario para mantenerlas, han sido las premisas que nos han llevado a la proyección y realización de esta cámara de conservación. En ella se ha creado un espacio libre de influencia exterior, que facilite la obtención de un clima adecuado y estable con un consumo mínimo de energía, en el que se controlen los principales factores de degradación ambiental: temperatura y humedad precisas y estables, y un control minucioso de la contaminación atmosférica y biológica; todo ello dirigido a aumentar la esperanza de vida de nuestro patrimonio bibliográfico.

El traslado de los fondos a esta nueva ubicación mejora además otros factores importantes como la seguridad, el sistema de prevención de incendios, la instalación de los fondos y, en definitiva, la funcionalidad de la biblioteca.

Abstract:

The problems to achieve optimal environmental conditions for the preservation of our bibliographic heritage and the high economic cost necessary to maintain them have been the premises that have led us to the design and realization of this preservation chamber. This chamber creates an external influence free space, which facilitates obtaining a suitable and stable climate with a minimal energy consumption, in which the main factors of environmental deterioration are controlled: specific and stable

temperature and humidity, and a meticulous control of air and biological pollution; all aimed at increasing the life expectancy of our bibliographic heritage.

The transfer of the book collection to this new location also improves other important factors such as security, fire prevention system and, eventually, its functionality.

Palabras Clave:

Conservación del patrimonio; control clima bibliotecas; renovación aire

Keywords:

Heritage preservation; climate control libraries; air renewal.

La importancia del control ambiental

Temperatura y humedad son dos factores de deterioro ambiental presentes en todos los procesos químicos de degradación de los materiales bibliográficos, y también en numerosos procesos físicos. Además potencian o favorecen el desarrollo de otros factores como los biológicos o la contaminación atmosférica.

Su acción es continua, permanente, pero la velocidad a la que se producen estos procesos varía según el grado que alcancen ambos factores. Su control es sin duda una de las principales claves para disminuir los procesos de degradación y aumentar la esperanza de vida de nuestro patrimonio bibliográfico.

Sabemos que la degradación de los materiales es constante porque la temperatura y la humedad forman un binomio esencial capaz de modificar las propiedades físico-químicas de los materiales, en cada momento.

- Volumen: aumenta o disminuye por la temperatura según el índice de dilatación de cada material, y varía igualmente por la humedad según su higroscopicidad.
- Solubilidad: el aumento de temperatura favorece la formación de ácidos en presencia de agua.
- Presión de vapor: la desecación de los materiales se produce tanto por el aumento de temperatura como por la disminución de la humedad relativa.

- Conductividad eléctrica: aumentando la temperatura se facilita el intercambio de electrones, favoreciendo las reacciones de oxidación, hidrólisis, etc.
- Oscilaciones de temperatura y humedad: la constante variación de las propiedades físico químicas provoca la desestabilización de los materiales.

- Efectos de la temperatura en los materiales.

La temperatura es la principal energía de activación. La velocidad de las reacciones químicas aumenta por tanto según el grado de energía calorífica que suministremos. Se estima que la velocidad de las reacciones químicas se duplica cada 10° C de temperatura (SEBERA 1994).

El deterioro causado por la temperatura produce amarilleo del soporte, fragilidad, soporte quebradizo, desprendimiento de las tintas, etc.

- Efectos de la humedad en los materiales.

La humedad es el medio o vehículo en el cual se realiza el intercambio de energía. Es necesaria para que se produzcan la mayoría de reacciones químicas en los materiales. Regula la orientación e interacción de las moléculas que entran en reacción (SÁNCHEZ 1999).

La humedad alta favorece la penetración de oxígeno y otros gases activos. Las fibras se dilatan, las dimensiones capilares aumentan y la difusión de los gases se produce con mayor facilidad. Los gases desencadenan reacciones químicas de oxidación, hidrólisis, etc. Tiene como efecto la decoloración de soporte y tintas, rigidez, friabilidad, destrucción total. El deterioro físico ocasiona deformaciones y pérdida de resistencia, desecación, rigidez, friabilidad, etc.

El deterioro biológico se produce por la proliferación de microorganismos en condiciones de temperatura y humedad adecuadas, provocando la descomposición de los materiales por hidrólisis enzimática, su inconsistencia y destrucción.

- Efectos de las oscilaciones bruscas en los materiales.

Los libros, y especialmente los códices, están compuestos por materiales diversos, papel, pergamino, cuero, madera, tintas, metales, cuerdas, adhesivos, etc. Cada

material tiene un índice de dilatación diferente ante los cambios de temperatura o humedad. El crecimiento o la contracción no son proporcionales ni uniformes. La dirección de la expansión también es distinta según los materiales, interfiriendo unos en otros, e impidiendo unos la dilatación libre de los otros y al contrario. Cuanto mayor sea la diversidad de materiales que componen los libros, mayor riesgo de que se produzcan desajustes, tensiones y desestabilización. Efectos: deformaciones, craquelados, roturas, etc. (IPI 2017).

- Efectos de la contaminación atmosférica.

Los contaminantes atmosféricos son sustancias que se encuentra en el aire y que al entrar en contacto con los materiales causan reacciones químicas de degradación como la oxidación e hidrólisis. Los más habituales en las ciudades son los generados por la industria y el transporte, como el dióxido de azufre y nitrógeno que en combinación con la humedad forman ácidos como el sulfúrico y el nítrico, o el ozono producido por disociación del NO_2 , smog fotoquímico frecuente en verano.

Factores ambientales en el entorno de la biblioteca histórica

La biblioteca se halla en el edificio histórico de la Universitat de València situado en el centro de la ciudad.

La contaminación atmosférica propia de las grandes ciudades es, como acabamos de ver, uno de los factores ambientales a considerar. Sin embargo nos interesa analizar las peculiaridades de nuestro clima, porque determinan las dificultades que surgen cuando pretendemos conseguir su control en el interior de los depósitos de nuestra biblioteca.

El clima de la ciudad de València según la clasificación Köppen sería del tipo CSa “templado con verano seco y caluroso”. Esta clasificación basada en la temperatura y en las precipitaciones, puede darnos una idea poco precisa del clima de Valencia, al no contemplar aspectos importantes como la humedad ambiental. La gran evaporación que se produce en el mar por las altas temperaturas del verano, aumenta considerablemente el contenido de vapor en el aire (humedad absoluta). Para tener una referencia del grado de humedad que se alcanza en nuestro entorno,

y los problemas que se derivan cuando queremos realizar un control climático, proponemos una comparativa con el clima de la ciudad de Madrid (Tabla 1 y 2).

Debemos considerar que los parámetros climáticos analizados de ambas ciudades son promedios históricos y que lógicamente puede haber variaciones importantes entre las máximas y las mínimas, tanto diarias como en el mes, entre una zona y otra de la ciudad. En términos generales creemos que la comparativa puede servirnos de referencia para saber cuál es el problema que se nos plantea.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T °C Promedio	11.8	12.5	14.4	16.2	19.0	22.9	25.6	26.1	23.5	19.7	15.3	12.6	18.3
HR% Promedio	64	64	63	62	65	66	67	68	67	67	66	65	65

Tabla 1
Valores climatológicos normales. Valencia
 Periodo: 1981-2010 Altitud (m): 11. Latitud: 39° 28' 50" N - Longitud: 0° 21' 59" O
 (AEMET 2017b)

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T °C Promedio	6.3	7.9	11.2	12.9	16.7	22.2	25.6	25.1	20.9	15.1	9.9	6.9	15.0
HR% Promedio	71	65	55	56	53	44	38	41	50	64	71	74	57

Tabla 2
Valores climatológicos normales. Madrid, Retiro.
 Periodo: 1981-2010 Altitud (m): 667. Latitud: 40° 24' 43" N - Longitud: 3° 40' 41" O
 (AEMET 2017a)

		Humedad relativa %	Temperatura °C	Humedad absoluta g/m ³
Madrid AEMET 2017a	Enero	71,0	6,3	5,2
	Julio	38,0	25,6	9,0
Valencia AEMET 2017b	Enero	64,0	11,8	6,7
	Julio	68,0	26,0	16,5
Clima adecuado depósitos	Enero	45	16	6,1
	Enero	45	18	6,9
	Julio	55	18	8,4
	Julio	55	20	9,5

Tabla 3
Comparativa de promedios de T y Hr con su respectiva humedad absoluta.

Invierno: durante el mes de enero la humedad absoluta media en Madrid es de 5,2 g/m³ (71% Hr y 6,3°C). Si se mantiene la temperatura en el depósito a 16° C la humedad relativa resultante será del 38%, por tanto no sería necesario humedecer,

salvo fondos muy sensibles. En Valencia la humedad absoluta media en el mismo mes es de 6,7 g/m³ (64% Hr y 11,8° C). Se podría mantener en el depósito un clima de 45% Hr y 18°C fácilmente porque la humedad absoluta resultante sería de 6,9 g/m³ similar a la exterior, no sería necesario humedecer el aire. (Véase tabla 3).

Verano: durante el mes de julio el promedio de la humedad absoluta en la ciudad de Madrid es de 9 g/m³ (Hr 38% y 25,6 °C). Si se mantiene en el depósito un clima de 55% Hr y 19 °C, se obtendría una humedad absoluta 8,9 g/m³ similar al clima exterior, no será necesario deshumedecer.

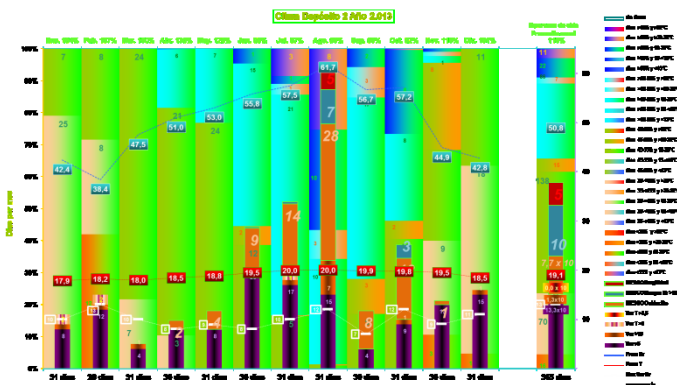
Sin embargo en Valencia o en ciudades costeras o cercanas a grandes masas de agua, surge un gran problema en los meses de verano, porque el contenido de vapor de agua en el aire es muy elevado. Durante el mes de julio el promedio de la humedad absoluta en Valencia es de 16,5 g/m³ casi el doble que los 9,5 g/m³ que contiene un clima de 20 °C y 55% Hr, adecuado para una conservación de libros en un rango alto, dentro de lo recomendado. Dicho de otra manera, si ajustamos a 20°C la temperatura del aire que contiene una humedad absoluta de 16,5 g/m³, la Hr resultante sería, sin tener en cuenta otras variables, del 95% aproximadamente.

Para la eliminación del 40% de Hr sobrante, sería necesario utilizar mecanismos que bien por condensación o adsorción eliminen el exceso de humedad. Estos mecanismos consumen gran cantidad de energía, mayor cuanto más grande sea el volumen de aire a tratar.

Por un control eficiente de los factores ambientales

La necesidad de mejorar las condiciones de conservación de nuestro patrimonio bibliográfico nos ha llevado a plantear una importante reordenación de los fondos de la biblioteca, con el objetivo de conseguir mayor funcionalidad, seguridad, y sobre todo, mejorar las condiciones ambientales para aumentar su esperanza de vida.

La disponibilidad de un nuevo depósito contiguo a otro de la biblioteca y a las salas de consulta y de exposiciones, inició el estudio para la adecuación de ambos depósitos. El registro del clima en estos espacios indicaba que no eran adecuados para la conservación de obras especialmente sensibles. Durante el año 2013 se alcanzaron niveles de humedad superiores al 60% Hr, especialmente en el mes de



agosto (indicado en el gráfico en color azul oscuro). Además el clima era bastante inestable, registrándose oscilaciones de humedad mayores del 5% y del 10% en el 45% de los días del año. Así mismo se registraron 77

días con riesgo de oxidación ECM > 10,6%, e incluso algunos días con riesgo de fragilidad ECM > 12,6% (REILLY 2011). También se registraron días con humedades superiores al 65% que alertaban sobre el riesgo de un brote de hongos.

Con todas estas premisas, la instalación de cámaras de conservación en los dos espacios, se fue vislumbrando como una opción que integraba y optimizaba tanto los controles de conservación ambiental, como la seguridad, prevención de incendios, instalación de los fondos, etc., todo ello mediante un consumo energético sostenible.

Para conseguir este objetivo se tuvieron en cuenta una serie de condiciones que era necesario cumplir. Que fuesen lo más estancas posible, que fuesen ignífugas, y que tuviesen un climatizador independiente del sistema del edificio y redundante en algunos componentes esenciales. Además se tendrían en cuenta otros factores de riesgo como el recorrido y la protección de todas las conducciones, aire, agua y eléctricas, así como la ubicación del climatizador.

- Estanqueidad.

La mayoría de manuales de conservación recomiendan que en los depósitos de libros se efectúe un mínimo de cuatro a ocho renovaciones de aire cada hora, dependiendo de la altura de los techos (SÁNCHEZ 1999).

Si se entiende por renovación o ventilación la entrada de aire exterior, es muy importante que analicemos en primer lugar, las consecuencias que esto tiene en un sistema de climatización.

1. *¿Es necesaria la entrada de aire de exterior?* Desde nuestro punto de vista hay varios motivos para que entre aire del exterior, el más importante sería por motivos de salud, ya que el local debe oxigenarse al mismo tiempo que se



eliminan los gases internos de descomposición de los propios materiales. Además la circulación de aire favorece la desecación y dificulta el desarrollo de hongos.

2. *¿Qué inconvenientes tiene la entrada de aire exterior?* El aire exterior tiene, como hemos visto, unas condiciones de temperatura y humedad muy diferentes a las necesarias en un depósito de libros, sobre todo en verano, con fluctuaciones importantísimas que en ocasiones llegan al 70% Hr e incluso más en el mismo día. Además se arrastran al interior del depósito gran cantidad de gases contaminantes del tráfico, partículas en suspensión, esporas, polen, etc.
3. *¿Se podría conseguir un clima y una calidad del aire adecuado, con este volumen de entrada de aire del exterior (4 a 8 vol./h)?* Probablemente, pero sería necesario consumir una importante cantidad de energía para acondicionar esa masa de aire a nuestras necesidades de clima y calidad en el interior, mayor cuanto más grande sea el espacio.
4. *¿Qué ocurriría si en lugar de renovar el aire, lo recirculásemos en un espacio lo más estanco y aislado posible?* Hipotéticamente, si no hay aportación de temperatura y humedad procedente del exterior, y los materiales que conservamos no tienen carga térmica o higrométrica, resultará relativamente fácil para nuestro climatizador conseguir los niveles ambientales asignados, con fluctuaciones mínimas de temperatura y humedad, todo ello mediante un consumo mínimo de energía.
5. *¿Y los gases de descomposición que se generan en el interior del depósito?* Al reducir la entrada de gran cantidad de contaminación exterior, el filtro de carbón activo sólo actuará para eliminar la pequeña generación de gases de los materiales en el interior. Las partículas sólidas en suspensión, esporas etc. se eliminarán mediante el filtro HEPA, consiguiendo entre ambos la calidad de aire requerida. La renovación de filtros por saturación podrá dilatarse en el tiempo considerablemente.

6. *¿Y el problema más importante? La oxigenación del depósito para las personas.* La realidad es que es muy difícil conseguir un espacio completamente estanco, debido a que siempre hay infiltraciones de aire exterior por las propias máquinas e incluso por los conductos; además hay también entrada de aire cuando abrimos la puerta del depósito (NAZAROFF, 1993). Para evitar la posible entrada de aire sin acondicionar, está prevista la aportación de una pequeña cantidad de aire exterior a través del climatizador, para conseguir una ligera sobrepresión en el interior de la cámara. Cuanto más estanco sea el sistema, menos aire del exterior será necesario añadir para conseguir la sobrepresión y menos consumo para acondicionar el aire.

No obstante para evitar cualquier riesgo en la calidad del aire interior, se instala una sonda de CO₂ que activa la entrada de aire exterior cuando se supera un nivel de 800 ppm de concentración. La consigna se ajusta a lo especificado en la norma RITE, que en su tabla 1.4.2.3 “Concentración de CO₂ en los locales” indica que, para alcanzar una categoría IDA 2 no se debe superar una concentración de 500 ppm por encima de la concentración en el aire exterior (RITE 2013).

- Ignifugidad.

Existen básicamente dos tipos de paneles para la construcción de cámaras con diversos fines, las de panel metálico relleno de espuma rígida de poliuretano, y las rellenas de lana de roca. El panel de poliuretano tiene como característica más importante el aislamiento térmico y la estanqueidad, pero en contra tienen que no es auto-extinguible; existen numerosos ejemplos de incendios con destrucción total de cámaras frigoríficas industriales. El panel de lana de roca tiene a su favor que es auto-extinguible pero por el contrario es menos estanco.

Las características del panel utilizado son: panel metálico aislante de 60 mm y 100 mm de espesor según zonas, formado por chapas de acero galvanizado y lacado a dos caras de 0,50mm de espesor, relleno intermedio de Lana de Roca, de 0.030 W/(m²K) de conductividad térmica y junta machihembrada. Clasificación al fuego A2S1D0, resistencia EI60 y propiedades autoextinguibles.

Dimensiones: cámara 1, superficie 50 m² y 127m³ de volumen. Cámara 2, superficie 70 m² y 174m³ de volumen.

- Redundancia.

Para evitar en la medida de lo posible las consecuencias de paradas por averías de las máquinas, se pensó en la conexión y alternancia de algunos componentes del sistema, como máquinas de producción de frío y turbinas de ventilación.

- Sistema de climatización.

Producción: 2 bombas de calor aire-agua con una potencia frigorífica de 10,8Kw cada una. Equipadas con ventiladores axiales, compresor Scroll, intercambiador de placas y gas ecológico R410a. Forman un sistema redundante, con capacidad cada una de ellas para suministrar la demanda de los dos climatizadores.

Climatización: 2 unidades para el tratamiento de aire interior UTA. Cámara 1 con caudal de aire 840m³/h, ventiladores tipo plug fan con variador de velocidad y batería de 4,3kw. Cámara 2 con caudal de aire 1080m³/h, ventiladores tipo plug fan con variador de velocidad y batería de 5,5kw.

Filtros: para cada climatizador G4, F8, filtro de carbón activo y filtro HEPA H-10.

Humidificador: eléctrico de vapor de agua sin presión, 5kg /h de producción. Uno por climatizador

Deshumidificador: por adsorción, con rotor desecante de gel de sílice y sistema de regeneración mediante resistencias eléctricas, de 1,7kg /h. Uno por climatizador.

Mejoras que aporta la nueva instalación

Después de la restauración del edificio histórico de la Universitat en 1998, el fondo más importante se instaló en dos salas que por sus peculiaridades, condicionan considerablemente su conservación. Ambas cumplen una doble función, además de depósito de fondos bibliográficos, una es sala de consulta y la otra de exposiciones. Sus dimensiones son otro condicionante, la sala de exposiciones tiene una superficie 233 m², 6 ml de alta y un volumen de 1.398 m³ mientras que la sala de consulta tiene una superficie de 260 m², la misma altura y un volumen de 1.560 m³.

Las ventajas que se obtienen para la adecuada conservación de los fondos, mediante el traslado a la nueva ubicación son múltiples.

1º - *Control ambiental más eficiente y sostenible.* El consumo energético necesario para mantener las condiciones ambientales adecuadas será menor. El volumen de aire por metro lineal de estantería en las salas es de alrededor de 3,00 m³/ml, frente a 0,26 m³/ml de las cámaras. Es decir, en términos generales necesitamos acondicionar, un volumen de aire por metro lineal de estantería, 11,5 veces menor en las cámaras que en las salas. Pero lo más importante es la creación de un espacio suficientemente libre de influencia exterior, que facilitará la obtención de un clima adecuado y estable para la conservación de la colección.

2º - Seguridad. La nueva ubicación es una zona de acceso restringido, mientras que ambas salas son de acceso público. Además se han incrementado dispositivos que aumentan la seguridad.

3º - Disminución del riesgo de desastres.

- En caso de incendio, el espacio reducido y compartimentado haría más efectiva la acción del gas extintor.
- La instalación de las obras en compactos metálicos, dificultaría la propagación del incendio con respecto a la verticalidad de las estanterías de madera en las salas.
- La evacuación sería más rápida por la disposición de salidas de emergencia y por no ser necesario el uso de escaleras como en las salas.

4º - Funcionalidad. Mejor comunicación en el traslado de obras entre cámaras y sala de consulta, situadas en la misma planta y a escasos metros. No será necesario el uso de escaleras, evitando riesgos para personas y obras.

5º - Control de plagas. Será más eficaz por ser un espacio sin accesos directos del exterior. Mucho más limpio, sin huecos inaccesibles, los armarios compactos se han instalado sobre rail empotrado directamente en el suelo y no sobre plataforma. Ausencia de madera o materiales inapropiados.

Bibliografía

- AEMETA. *Guía resumida del clima en España 1981-2010: Valores climatológicos normales en la estación meteorológica del Retiro*. 2017. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en <http://www.aemet.es/es/web/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=3195&k=mad>
- AEMETb. *Guía resumida del clima en España 1981-2010: Valores climatológicos normales en el observatorio de Valencia*. 2017. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=8416&k=val>.
- IPI. *Effect of Humidity Fluctuation on a Rare Book*. Atlanta: 2017. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en <https://www.imagepermanenceinstitute.org/resources/videos/effect-humidity-rare-book>
- NAZAROFF, William W.; LIGOCKI, Mary P.; SALMON, Lynn G.; CASS, Glen R.; FALL, Theresa; JONES, Michael C.; LIU, Harvey I. H.; MA, Timothy. *Airborne Particles in Museums*. USA: Dinah Berland, 1993. ISBN: 0-89236-187-5. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/airborne.pdf
- REILLY, James M. *Using IPI's Preservation Metrics to Analyze Risk: Sustainable Preservation Practices for Managing Storage Environments*. Atlanta: 2011. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en http://www.ipisustainability.org/pdfs/southeastern/Reilly_PreservationMetric.pdf
- RITE. *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, versión consolidada*. Ministerio de Industria Energía y Turismo. Real Decreto 1027-2007. Madrid: 2013. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>



- SÁNCHEZ, Arsenio. *Políticas de Conservación en Bibliotecas*. Madrid: Arco Libros, 1999. ISBN: 9788476353936.
- SEBERA, Donald K. *Isoperms: An Environmental Management Tool*. 1994. [Fecha de consulta: 08/04/2017]. Disponible en <http://cool.conservation-us.org/byauth/sebera/isoperm/>