

DOCUMENTOS DE TRABAJO U.C.M. Biblioteca Histórica; 2014 / 3**Evaluación de la calidad del aire interior de la Biblioteca Histórica con el
sistema MEMORI**

Javier Tacón Clavaín

Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". U.C.M.
Departamento de Conservación y restauración**RESUMEN:**

En el presente trabajo se analizan los resultados de la evaluación de presencia de contaminantes en el aire interior de diversas dependencias de la Biblioteca Histórica, tanto los de penetración del exterior como los de generación interna. La herramienta para esta valoración fue el recientemente desarrollado sistema MEMORI fruto de un proyecto de investigación auspiciado por la Comisión Europea.

Antecedentes

Entre 2010 y 2013 se desarrolló el MEMORI project, con la financiación de la Comisión Europea dentro del 7º Programa Marco. El proyecto se dedicó a la medición, evaluación y mitigación del efecto de contaminantes del aire en bienes culturales muebles y en él participaron 14 instituciones de 10 países europeos y 8 empresas, entre ellas la española SIT Transportes Internacionales, S.A.

Memori desarrolló un instrumento portátil de pequeño tamaño, el dosímetro-lector Memori, con el objetivo de proporcionar al mercado de la conservación de bienes culturales una fácil medición in situ para la evaluación de los riesgos causados por los gases contaminantes. [El informe final](#)¹ del proyecto fue redactado en noviembre de 2013.

¹ Dahlin, E. y col. *Memori Project Final Report. 2013*. Disponible en: http://www.memori-project.eu/uploads/media/MEMORI_Final_project_report-publishable.pdf [17/2/2014]

El logro del proyecto ha sido el desarrollo de un dosímetro que combina las ventajas de los sensores desarrollados en dos proyectos anteriores: el Early Warning dosimeter for Organic materials (EWO) desarrollado por el NILU en el contexto del EU-MASTER project, y el Glass Slide Dosimeter (GSD) desarrollado por Fraunhofer ISC en el marco del EU-AMECP project. El dosímetro es una placa que contiene ambos sensores, que debe ser expuesto al ambiente que queramos evaluar durante tres meses. Pero la mayor novedad del sistema es el desarrollo de un aparato lector portátil que interpreta las reacciones que se suceden en los sensores. El dosímetro se introduce en el lector, dando una lectura in situ de la agresividad del ambiente donde se expuso la placa.

Una de las fases del proyecto consistió en la realización de una encuesta relacionada con el estado actual de la situación, en cuanto al deterioro por contaminantes, en bibliotecas, archivos y museos de toda Europa, publicándose un primer [informe](#)². Desde la Biblioteca Histórica participamos en la encuesta, cumplimentando los formularios vía Internet. El hecho de participar en la encuesta incluía la participación en un sorteo, que se llevó a cabo durante el “MEMORI Board meeting”, en Gent, el 29 y 30 de noviembre de 2012 y en el que la Biblioteca Histórica de la UCM resultó elegida para el segundo premio³, que consistía en el envío de 10 dosímetros y la evaluación de los resultados una vez expuestos a diferentes ambientes en la Biblioteca. De esta afortunada forma hemos tenido la oportunidad de disfrutar de esta novedosa herramienta para la evaluación del ambiente interior de la Biblioteca.

Uno de los principales motivos que condujo a la reforma del sistema de ventilación en esta biblioteca fue precisamente la penetración de

² Dr. des. Elise Spiegel. *MEMORI Survey Report: The current situation and management of indoor air quality (IAQ) in European collections*. 2012. Disponible en: http://www.memori-project.eu/uploads/media/MEMORI_Survey_Report.pdf [17/2/2014]

³ Anuncio del resultado del sorteo en: <http://www.memori-project.eu/531.html> [17/2/2014]. Véase también: Tacón Clavaín, J. *Una buena noticia para la Biblioteca Histórica*. Folio Complutense. 19/12/2012. Publicado en: <http://biblioteca.ucm.es/blogs/Foliocomplutense/6979.php#.UwH0vGJ5NWI> [17/2/2013]

contaminantes⁴. La situación era extraordinariamente perjudicial ya que el sistema de ventilación permitía la entrada de aire polucionado y las partículas de combustión podían ser detectadas sobre las superficies simplemente pasando un algodón limpio. Como consecuencia, se interrumpió la ventilación forzada en los locales de almacenamiento.

En el nuevo sistema de climatización instalado en 2008, todas las unidades de tratamiento del aire cuentan con baterías de filtros de alta eficiencia para partículas y gases, por lo que la mejora de la situación fue totalmente radical. Con estos dosímetros del sistema MEMORI hemos tenido la oportunidad de evaluar el impacto positivo del sistema de purificación de aire instalado en esa reforma.



Instalación de los dosímetros

En septiembre de 2013 recibimos los 10 dosímetros⁵. Se trata de unas placas que contienen dos sensores cada una de ellas. Uno de los sensores (GSD) se dedica a la evaluación de gases ácidos



⁴ Tacón Clavaín, J. *Colección de documentos relacionados con la evaluación de las condiciones ambientales interiores de la Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla" de la UCM*. DOCUMENTOS DE TRABAJO U.C.M. Biblioteca Histórica; 2010/1. Publicado en: http://eprints.ucm.es/10031/1/coleccion_de_informes_de_evaluaci%C3%B3n_ambiental.pdf [13/2/2014]

⁵ Tacón Clavaín, J. *Instalados ya los dosímetros del proyecto Memori*. Folio Complutense. 26/11/2013. Publicado en: <http://biblioteca.ucm.es/blogs/Foliocomplutense/8159.php#.UwH1v2J5NWI> [17/2/2014]

orgánicos de generación interior, emitidos por materiales como maderas, algunos plásticos y por los propios libros durante su envejecimiento. El otro sensor (EWO) es sensible a la radiación UV y a gases oxidantes, principalmente NO₂ y ozono, que forman parte de la polución urbana y penetran desde el exterior.

Los sensores fueron distribuidos de la siguiente forma:

Dosímetro nº	Lugar de colocación
1	Interior de la vitrina nº 12
2	Interior de la vitrina nº 20
3	Sala de investigadores al fondo junto a la ventana
4	Despacho proceso técnico 2ª pl.
5	Despacho central 2ª pl.
6	Sala de digitalización 2ª pl.
7	Cuarto de fotocopidora de la sala de investigadores
8	Depósito. Sala 1 (MSS)
9	Depósito. Sala 2 (MED)
10	Depósito Sala 3 (FLL)



Los dosímetros fueron expuestos a cada ambiente durante tres meses, para posteriormente ser enviados a los laboratorios del NILU (Norwegian Institute for Air Research) para la lectura de los resultados.

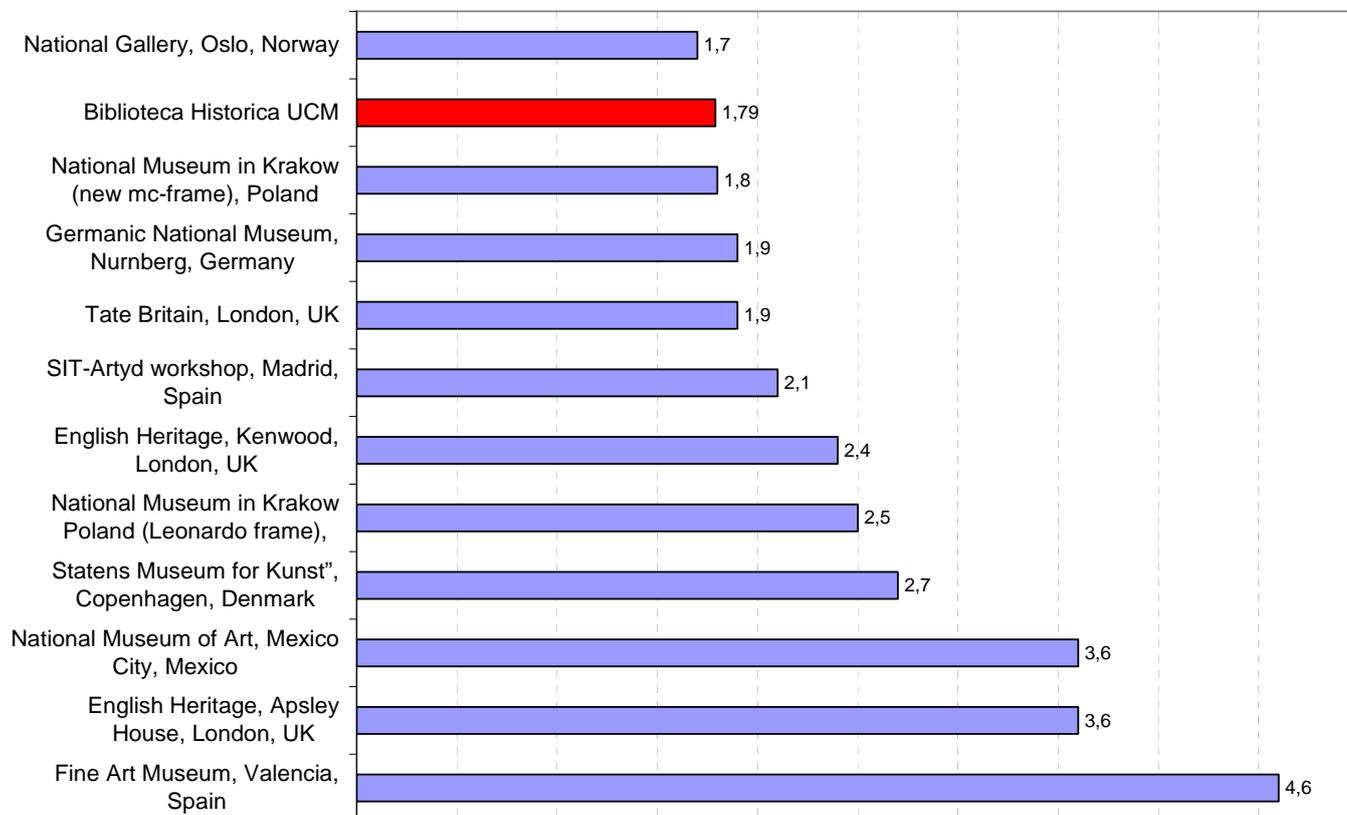
Interpretación de los resultados

El proyecto Memori incluyó la creación de una página web: <http://memori.nilu.no/> en la que se ofrece el soporte científico y técnico para la interpretación de los resultados obtenidos con el dispositivo lector de dosímetros. En la misma página se incluye todo tipo de información y estudios referentes al problema del deterioro por contaminación en objetos del patrimonio cultural. Una de los logros del proyecto ha sido el hecho de expresar los resultados de un modo sencillo, de tal forma que el riesgo de deterioro por contaminación se expresa en tres niveles, en forma de los colores del semáforo: rojo, para los niveles de riesgo; amarillo para una situación intermedia y verde en caso de ambientes muy limpios. Los resultados se expresan en un diagrama cartesiano donde se cruzan los valores obtenidos por los dos sensores (EWO y GSD) dando un punto que estará en una de las tres zonas de color, ya delimitadas en el área del gráfico. Como cada material tiene una sensibilidad distinta al deterioro por contaminantes, la herramienta de interpretación de los datos permite seleccionar el material que constituye la colección a conservar. En el caso de bibliotecas de fondo antiguo, los materiales principalmente implicados son: papel de trapos, pieles y pergamino.

A la vista de los resultados obtenidos para la Biblioteca Histórica, como veremos más adelante, el ambiente es totalmente adecuado para la conservación de pieles y pergamino, tanto en el componente GSD como en el EWO. En el caso de la conservación de papeles de trapos, no hay problemas con el componente GSD, mientras que en el EWO se encontraron resultados más irregulares. No obstante, las mediciones del componente EWO en la Biblioteca Histórica, fueron comparadas con otras encontradas en la literatura⁶, que se reflejan en el gráfico 1, encontrándose que la situación, en términos comparativos, es bastante mejor que en otras importantes instituciones relacionadas con el patrimonio cultural.

⁶ Terje Grøntoft y col. Pollution monitoring by dosimetry and passive diffusion sampling for evaluation of environmental conditions for paintings in microclimate frames. *Journal of Cultural Heritage* 11 (2010) pp. 411–419.

Gráfico 1. Comparación de los niveles EWO⁷ de diversas localizaciones (azul) con los registrados en la Biblioteca Histórica⁸ (rojo)



En los gráficos 2, 3 y 4, pueden apreciarse los resultados de los 10 dosímetros instalados, para cada uno de los materiales –piel, pergamino y papel de trapos-. En estos gráficos se aprecia que, para pieles y pergamino, todos los ambientes evaluados se sitúan en la zona verde. Para papeles de trapos, sin embargo, tres de los ambientes evaluados se encuentran en la zona intermedia, situándose el resto en zonas de riesgo. Se aprecia que el hecho de la situación en la zona roja está provocada por los gases de penetración exterior (EWO). Por otro lado, Hay que tener en cuenta que los sensores de los dosímetros también son sensibles a otros factores aparte de la contaminación: humedad del aire, temperatura y radiación UV de la luz.

⁷ Se tomaron los datos del gráfico 2 del artículo citado. Para que sean equivalentes al sistema MEMORI los datos del artículo han de ser multiplicados por 100 (Terje Grøntoft, comunicación personal por correo electrónico 12-2-2014)

⁸ Se consignó el valor medio de las lecturas obtenidas por los 10 dosímetros.

Gráfico 2. Resultados obtenidos para pieles

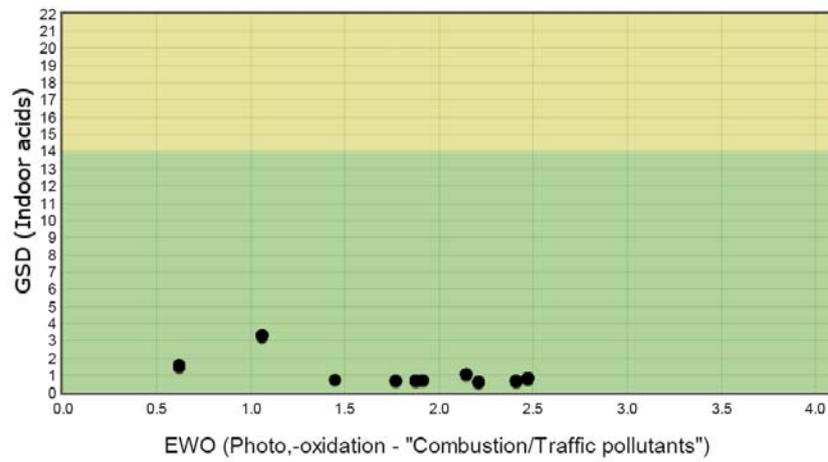


Gráfico 3. Resultados obtenidos para pergamino

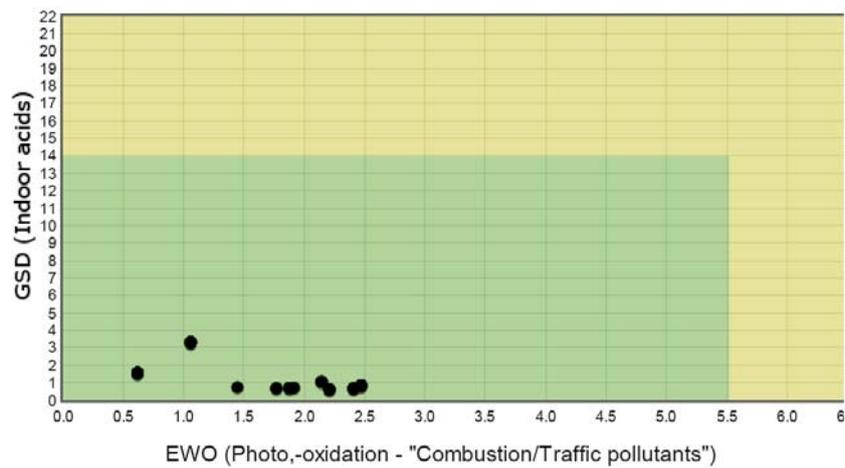
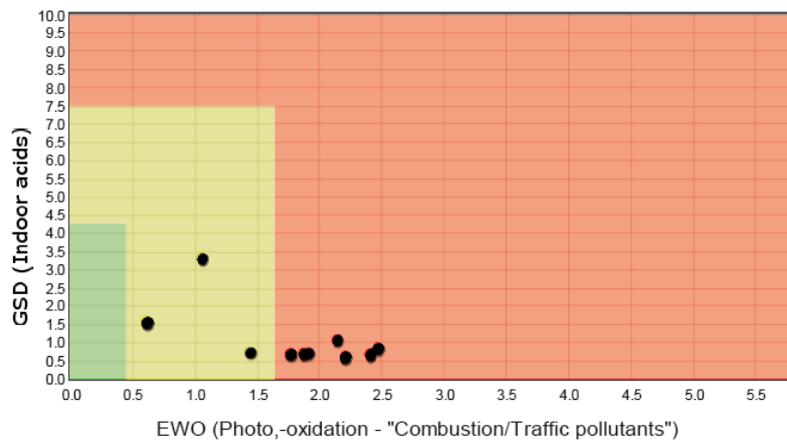


Gráfico 4. Resultados obtenidos para papeles de trapos



Aunque en la interpretación de los niveles de riesgo, la zona roja es considerada como de riesgo alto, es evidente y de sentido común, que cuanto más altos sean los valores –más alejados de la zona amarilla-, el nivel de riesgo aumenta. Así, podemos considerar la situación como mejorable pero no de riesgo extraordinario, como sí sucedía antes de la reforma de la climatización. De hecho, con el límite que se establece para los contaminantes englobados en EWO, todos los casos reflejados en el gráfico 1 estarían en la zona roja.

Resultados detallados

A continuación haremos una evaluación detallada de los diferentes sensores. En primer lugar, los instalados en vitrinas de exposición, siguiendo por sala de investigadores, despachos diversos y, por último, en los depósitos.

Vitrinas de exposición

Se eligieron dos vitrinas de la sala de exposiciones: la nº 12, que fue reformada para su adecuación y la 20, que no fue reformada, para comparar el impacto de dicha reforma en el comportamiento de cada vitrina, ya que la reforma supuso la sustitución de la iluminación y la retirada del interior de elementos de madera aglomerada⁹. Los resultados quedan reflejados en el gráfico 5.

⁹ Tacón Clavaín, J. *Adecuación de vitrinas para la exposición “Preparando la Políglota” de la Biblioteca Histórica de la UCM*. DOCUMENTOS DE TRABAJO U.C.M. Biblioteca Histórica; 2013 / 04. Publicado en: http://eprints.ucm.es/21759/1/DT_2013-04_reforma_vitrinas.pdf [12/2/2014]

Gráfico 5: Resultados para papel de trapos en el interior de las vitrinas 12 y 20

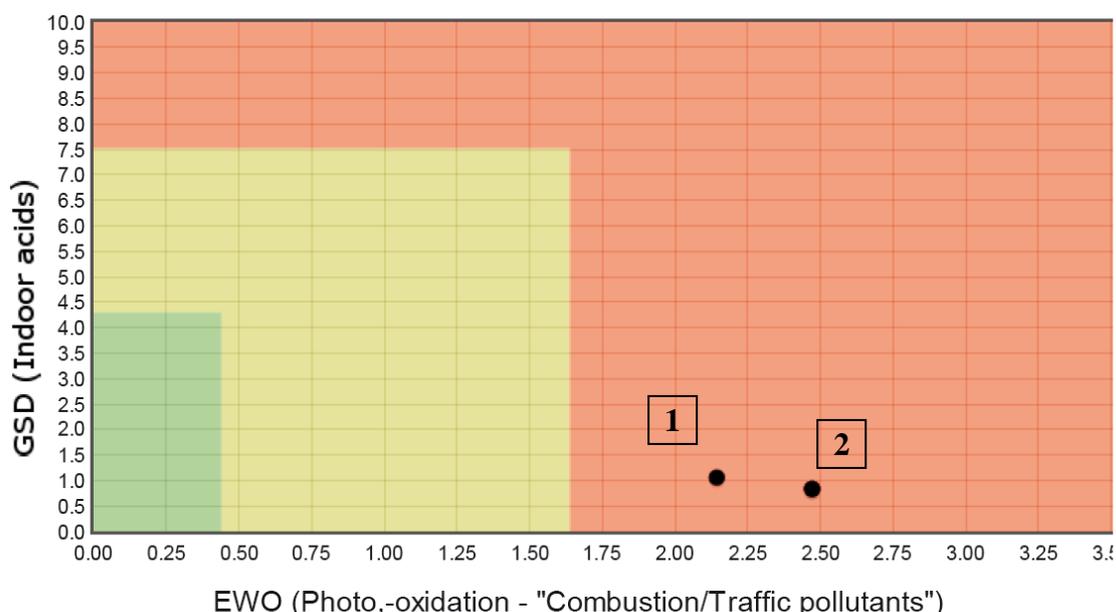


Los resultados muestran que el aire está significativamente más limpio de contaminantes en la reformada vitrina 12, que en la 20. La presencia de gases ácidos (GSD) es más del doble en la vitrina no reformada que en la reformada (3,312 frente a 1,562). En cuanto a los gases oxidantes y radiación UV se registra también una mejora sustancial (0,619 frente a 1,060). En los resultados también influyó la mayor temperatura que se registra en la vitrina con el sistema de iluminación antiguo y la menor irradiación de UV de la iluminación LED frente a la de los tubo fluorescentes. Concretamente, las mediciones de UV desvelaron la ausencia de emisión en la vitrina 12 frente a una emisión residual de 4 mW/lumen en la vitrina 20. No obstante, ambas mediciones se encuentran en la franja amarilla para el papel de trapos.

Sala de investigadores

En este espacio se dispusieron dos dosímetros, uno de ellos en el pequeño despacho donde se encuentra la fotocopiadora y el otro en la sala de lectura. Los resultados se expresan en el gráfico 6.

Gráfico 6. Resultados para papel de trapos en el cuarto de fotocopias (1) y Sala de lectura (2)



<input type="checkbox"/>	Location	Measurment	Ewo	Gsd
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Library room	2014-01-23T13:15:15	2.472	0.834
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Xerography room	2014-01-23T13:21:31	2.144	1.057

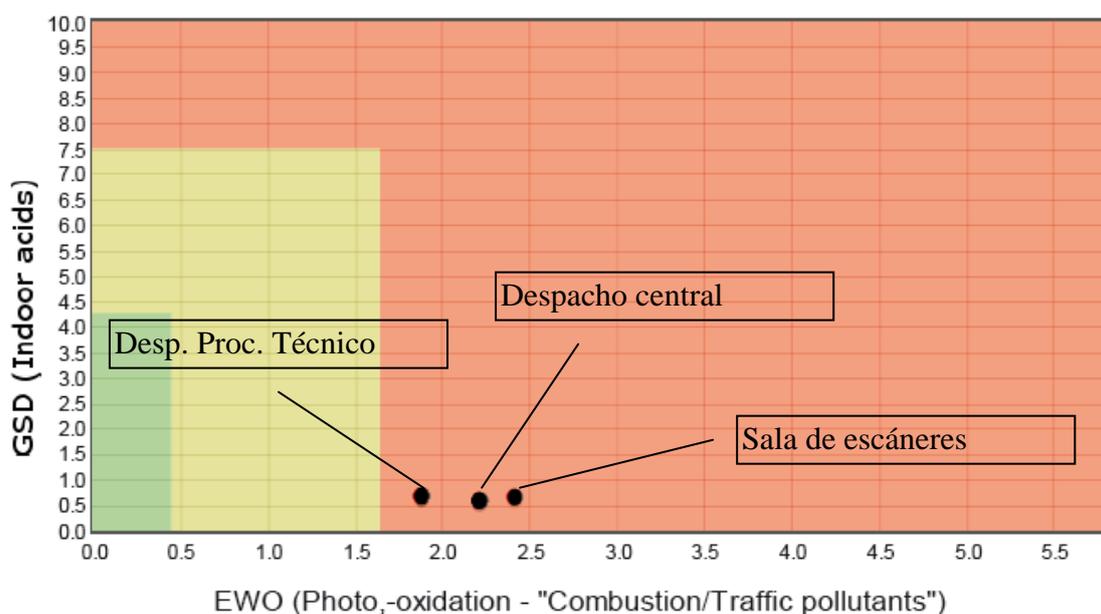
Ambos valores se encuentran en la zona de riesgo. Ello supone la necesidad de llevar a cabo acciones para la mitigación del problema. El valor correspondiente a los gases de penetración exterior (EWO) de la sala de lectura es el más alto de todos los registrados en los 10 dosímetros. En este sentido, parece clara la influencia de la radiación UV en este valor ya que el dosímetro se ubicó cerca de una de las ventanas, que no disponen de lámina filtrante para UV. Tras conocer los resultados se realizó una medición de la radiación UV en el lugar donde

estuvieron los dosímetros, obteniendo lecturas altas de la fracción UV con una media de 240 mW/lumen en la sala de lectura y de 75 en el cuarto de la fotocopiadora.

Despachos de la 2º planta

Se dispusieron tres dosímetros en locales de la última planta donde se sitúan los despachos de proceso técnico y digitalización. Las tres mediciones, reflejadas en el gráfico 7, se sitúan en la zona de riesgo en el parámetro EWO para papeles de trapos. Aunque todos se sitúan en la zona roja, el valor más alto corresponde a la sala de digitalización, seguido por el despacho central, siendo el valor menor el obtenido en el despacho de proceso técnico.

Gráfico 7. Resultados para papel de trapos en los locales de la planta 2ª



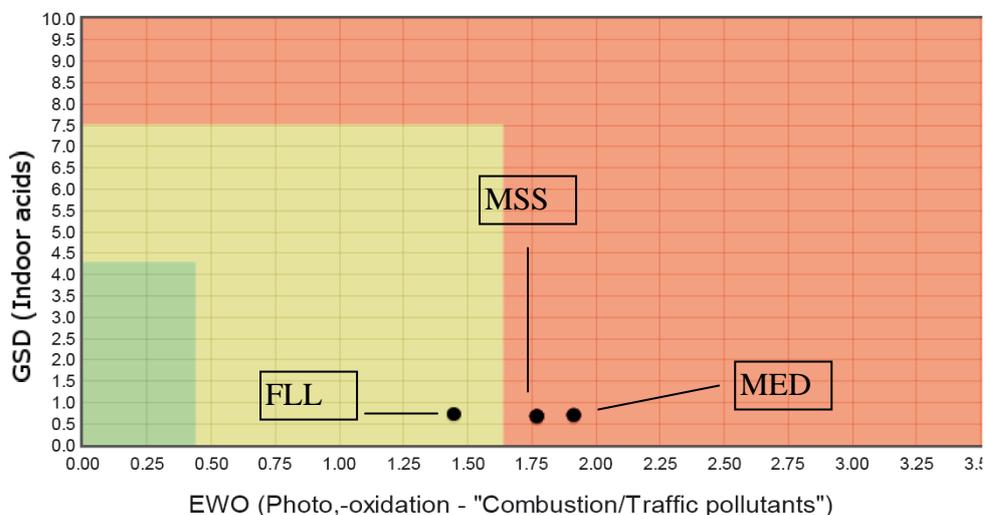
<input type="checkbox"/>	Location	Measurment	Ewo	Gsd
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Work room 1	2014-01-23T13:17:45	1.876	0.696
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Work room 2	2014-01-23T13:19:15	2.209	0.609
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Scanning room	2014-01-23T13:20:29	2.409	0.673

Para evaluar la incidencia de la radiación UV sobre estas lecturas, se realizaron mediciones en los lugares donde fueron instalados los dosímetros, encontrando una clara correlación en base a los niveles de UV obtenidos, ya que en la sala de escáneres se registró una media de 100 mW/lumen, 50 en el despacho central y 35 en el despacho de proceso técnico.

Depósitos

En los locales del depósito se instalaron 3 dosímetros, uno en cada una de las tres salas compartimentadas. Los resultados (gráfico 8), se sitúan en la zona de riesgo para los sensores situados en las zonas de manuscritos (MSS) y medicina (MED), mientras que la lectura correspondiente a la sala de filología (FLL) se sitúa en el área de riesgo medio. En este caso se descarta la influencia de la radiación UV en los resultados, ya que no se produce emisión UV en las fuentes de iluminación, lo cual fue corroborado con las mediciones correspondientes

Gráfico 8. Resultados para papel de trapos en los locales del depósito



<input type="checkbox"/>	Location	Measurment	Ewo	Gsd
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Repository 1	2014-01-23T13:22:26	1.770	0.679
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Repository 2	2014-01-23T13:23:30	1.914	0.706
<input checked="" type="checkbox"/>	JTC-UCM: Repository 3	2014-01-23T13:24:30	1.447	0.727

Conclusiones.

Tras la exposición de los dosímetros del proyecto MEMORI en diferentes ambientes de la Biblioteca Histórica durante tres meses, los resultados de las lecturas proporcionadas por el NILU, ofrecen una visión de los riesgos a los que está sometida la colección en el campo del deterioro por contaminantes ambientales. Si bien para conservación de pieles y pergamino todos los ambientes evaluados están en la zona sin riesgo, para la conservación de papel de trapos ninguno de los locales cumple esta condición y tres de los ambientes evaluados se sitúan en la zona intermedia, de los que dos corresponden a las vitrinas de exposición y el otro a una de las salas del depósito (colección FLL). El resto de los resultados se sitúan en la zona de riesgo, provocado por el componente EWO (gases de la polución exterior y foto-oxidación). En todo caso, no estamos ante una situación extraordinaria de riesgo ya que, comparando los niveles EWO obtenidos con otras localizaciones encontradas en la literatura (gráfico 1) puede concluirse que la situación en la Biblioteca Histórica es bastante adecuada si tenemos en cuenta los valores medios registrados en otras instituciones. No obstante, dados los resultados, la situación es mejorable. En un análisis más detallado, se aprecia una clara influencia de la radiación ultravioleta en los resultados de algunas de las mediciones, especialmente en los valores más altos correspondientes a la sala de investigadores y a la sala de escáneres, lugares donde se registra una incidencia significativa de UV. Por otro lado, se aprecia la mejora del ambiente interior de las vitrinas que fueron reformadas frente a las que no lo fueron, sobre todo en cuanto a la presencia de gases ácidos (GSD). En este sentido, el hecho de que las vitrinas hayan arrojado mejores resultados en el parámetro EWO que el resto de dosímetros debe considerarse en el contexto de tratarse de ambientes estancos, sin ventilación interior. Otro factor que podría intervenir en los resultados de las pruebas, es la apertura de ventanas con la consiguiente penetración de aire cargado de polución. No olvidemos que el sistema de climatización de las dependencias evaluadas cuenta con filtros para la purificación del aire interior.

La situación sugiere la necesidad de adoptar medidas para la mitigación del

riesgo de deterioro por contaminantes de penetración exterior y radiación UV, como las relacionadas a continuación:

- Revisión del estado de los filtros de contaminantes gaseosos de todas las unidades de tratamiento del aire del sistema de climatización.
- Insistir en la inconveniencia de abrir ventanas si no es absolutamente necesario.
- Mitigación de la radiación UV de sala de lectura mediante la instalación de filtros interiores en ventanas.
- Sustitución progresiva de tubos fluorescentes convencionales por tubos especiales con filtro UV incorporado, especialmente en zonas sensibles sin luminarias cerradas como sala de lectura y locales de la planta 2ª
- Seguimiento de la situación, con nuevas evaluaciones tras la adopción de medidas de mitigación.