

ESTUDIO MICROCLIMÁTICO DE LA CAPILLA DEL CRISTO DE LA BUENA MUERTE DE SEVILLA

POR JUAN A. HERRÁEZ

La ausencia de datos sobre las condiciones ambientales que soportan los bienes culturales impiden tanto la evaluación objetiva sobre la importancia que las fluctuaciones de determinados factores del medio tienen en los procesos degradativos, como el diseño de los medios de control más adecuados. El presente trabajo aborda la caracterización de los parámetros microclimáticos más significativos de la capilla del Cristo de la Buena Muerte de la Universidad de Sevilla, analizando la magnitud y velocidad de las fluctuaciones que se producen. También se pone de manifiesto la influencia de un sistema de control climático basado en la comodidad de las personas y no en la compatibilización del confort humano con las medidas de conservación.

The lack of data about cultural properties environment deters an appropriate evaluation on the importance of determinate factors in the degradation process. This lack also affect to the design of the most adequate control measures. Characterization of more significant microclimate parameters at Cristo de la Buena Muerte chapel, in the Universidad de Sevilla, is deal at the present work. The extent and speed of fluctuations are also analysed. The study shows the influence of a people comfort basis conditioning system instead of a climatic control that make compatible human comfort and conservation measures.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de determinadas obras de arte relacionadas con manifestaciones tradicionales de origen religioso y cultural muy arraigadas y con un gran seguimiento popular en la actualidad, exige un tratamiento muy especial. Por un lado, la responsabilidad de la conservación material de la obra de arte y la creciente sensibilización general en este sentido llevan a la aplicación de tratamientos de restauración/conservación con los criterios técnicos internacionalmente admitidos. Por otro, las tradiciones

populares implican generalmente manipulaciones y prácticas difícilmente compatibles con la conservación de la obra de arte.

El Cristo de la Buena Muerte es un notable ejemplo de este tipo de obras de arte que suponen una parte importante del patrimonio histórico español. Para su conservación, además de invertir importantes esfuerzos en tratamientos de restauración, es imprescindible aplicar medidas de conservación preventiva que sirvan para controlar los riesgos de deterioro de la imagen¹. La planificación de estas medidas requiere tener en cuenta las prácticas tradicionales, pero su éxito para evitar repetitivos y drásticos tratamientos de restauración, también exige la responsabilidad de las personas e instituciones que se encargan de la manipulación de la imagen y la gestión del entorno en el que se conserva para diferentes actos y manifestaciones.

Con este enfoque y después de una intervención de restauración realizada por los técnicos del hoy Instituto del Patrimonio Histórico Español, se han realizado una serie de estudios para analizar las condiciones de conservación de la imagen del Cristo de la Buena Muerte.

2. LA IMAGEN

La imagen denominada Cristo de la Buena Muerte o Cristo de los Estudiantes, es un cristo crucificado de Juan de Mesa realizado en 1620². Es una talla en madera totalmente policromada, como una escultura de bulto redondo. La imagen esta constituida por diferentes piezas ensambladas de madera de frondosa tropical africana³, fijada con piezas metálicas a una cruz de madera que cumple las funciones de soporte. En las distintas restauraciones aplicadas se han añadido diferentes piezas de madera como espigas, dedos, etc.

De los distintos informes y observaciones sobre el estado de conservación de la imagen cabe destacar los deterioros físicos derivados de su manipulación y los accidentes relacionados con esa manipulación, deterioro físico relacionado con condiciones ambientales inadecuadas y suciedad superficial debido a la deposición de diferentes contaminantes del aire. La estabilización de estos deterioros ha requerido (según la documentación existente) diferentes tratamientos de restauración en diversas ocasiones.

1. HERRÁEZ, J. A. (1992): "La Conservación Preventiva de la Imagen de la Virgen de África". *Nuestra Señora de África, Proceso de Restauración*. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura. Madrid.

2. GÓMEZ ESPINOSA, T. (1994): "Santísimo Cristo de la Buena Muerte" Informe interno del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura. Madrid. Sin publicar.

3. ARQUILLO TORRES, F. (1983): "Informe Técnico sobre el Estado de Conservación de la Imagen del Cristo de la Buena Muerte". Cátedra de Restauración, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla. Sevilla. Asimismo, HERRÁEZ, J. A. (1985): "Informe sobre muestras de madera de la Imagen del Cristo de la Buena Muerte". Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid. Informe inédito.

3. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO Y SU MANEJO

Actualmente la imagen se conserva en la Capilla de la Universidad de Sevilla, en un edificio exento, de dimensiones reducidas, de la antigua Fábrica de Tabacos.

Su ubicación habitual es en el altar mayor de la capilla, aunque para diferentes actos religiosos relacionados con la Semana Santa se cambia su disposición para el besapieles del cristo, y se instala en un paso procesional que discurre por las calles de Sevilla.

La capilla tiene celebración religiosa diaria con afluencia frecuente de estudiantes, permaneciendo cerrada el mes de agosto. Durante ciertas celebraciones religiosas, en especial las relacionadas con la Semana Santa, se producen importantes aglomeraciones de personas.

El edificio tiene como equipamiento un sistema de climatización centralizado en los edificios de la Universidad, aunque con control de conexión en la propia capilla. El sistema consiste en consolas tipo "fan-coils" que no permiten un control de la humedad relativa. Para contrarrestar esta deficiencia se cuenta con humidificadores de tipo vaporizador. La utilización de estas instalaciones y equipos es ocasional, restringida a los momentos de las celebraciones religiosas y bajo el criterio subjetivo de las personas encargadas, ya que no existe ningún sistema de medición y/o registro de las condiciones ambientales de la capilla.

4. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Como requisito imprescindible para poder evaluar las condiciones de conservación actuales, diseñar los métodos de control más adecuados y planificar ciertas medidas de conservación preventiva, se propuso la realización de un estudio microclimático que aportara datos precisos sobre las condiciones en las que se conserva la imagen actualmente.

Para ello, se ha utilizado un equipo de medición y registro automático con el que se ha realizado un seguimiento continuo de la humedad relativa y temperatura del aire, y de la temperatura en la superficie de la imagen, durante el período de marzo'95 a septiembre'96. Para ello se han utilizado sensores de gran precisión: termorresistencias Pt100 clase A de 0,2°C de precisión para la temperatura y sensor capacitivo de $\pm 2\%$ en el rango 10 - 90% para la humedad relativa. La frecuencia de muestreo de datos ha sido de 15 minutos, aunque para el análisis estadístico de los mismos se han utilizado los datos de frecuencia horaria.

5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA LOCALIDAD

Las características climáticas de Sevilla, según los datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM)⁴ están definidas por la suavidad de los inviernos, con una media de las temperaturas mínimas en enero, el mes más frío, de 5,6°C. Las heladas son ocasionales, con un promedio de días en los que la temperatura mínima es inferior a 0°C de 5,4 días al año.

El verano, sin embargo, es mucho más extremado, con una media de las temperaturas máximas en julio de 36,0°C, y una máxima absoluta de 47,0°C en el mes de agosto, los meses más calurosos. Por otro lado, el número medio de días en los que la temperatura mínima es igual o superior a 20°C (frecuencia de noches cálidas) es de 42, según los datos del observatorio urbano de Sevilla/Universidad.

Las precipitaciones, con una media anual de 572 mm y 68,9 días de precipitación al año, son frecuentes de octubre a abril. El mes más lluvioso es diciembre con una precipitación media de 85,8 mm y 9,4 días de precipitación al mes. La precipitación máxima en 24 horas registrada corresponde al mes de abril con 100 mm. La frecuencia de rocío es importante todo el año a excepción de los meses de verano en los que la humedad relativa es más baja.

La humedad relativa del aire tiene una media anual del 65%, con medias mensuales superiores al 50%, excepto en el mes de julio que es del 49%. La oscilación diaria, aunque en invierno es pequeña (20%; de 94% a las 7h a 74% a las 13h. en enero), en verano es muy importante con valores de 43% (de 79% a las 7h a 36% a las 18h.) en julio.

6. CARACTERÍSTICAS MICROCLIMÁTICAS DE LA CAPILLA

Para la caracterización microclimática de la capilla en la que se conserva la imagen, se han utilizado los datos horarios en el período anual de septiembre de 1995 a agosto de 1996. Las mediciones y observaciones se han realizado con el régimen habitual de utilización del edificio, con las celebraciones religiosas y la conexión ocasional del sistema de climatización.

6. 1. Datos anuales

La evolución anual de la temperatura y la humedad relativa en el interior de la Capilla se refleja en los gráficos 1 y 2 respectivamente, en los que figura la curva

4. FONTTULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología (INM). Madrid. También, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (1982): *Guía resumida del Clima en España*. Ministerio de Transportes Turismo y Comunicaciones. Madrid.

de los valores medios a partir de la media mensual, y las curvas de máxima y mínima a partir de los datos máximos y mínimos mensuales. Los datos medios anuales de temperatura y humedad relativa se reflejan en la tabla 1. En esta tabla se puede observar que la temperatura media anual es de 22,3°C, con una mínima de 15,9°C en febrero y una máxima de 28,9°C en agosto. El rango medio de oscilación mensual es de 5,8°C, con un máximo en marzo de 8,1°C y un mínimo de 4,0°C en octubre. El rango de oscilación absoluto ha sido de 16°C desde septiembre (30,4°C) hasta marzo (14,4°C).

En cuanto a la humedad relativa, la media anual es de 50%, con máxima de 67% en enero y mínima de 38% en septiembre. La oscilación media mensual es de 34%, con un rango máximo de 46% en febrero y un mínimo de 22% en octubre. El rango de oscilación absoluto ha sido del 66% desde septiembre (16%) hasta enero (82%).

6. 2. Datos estacionales y diarios

Para la obtención de parámetros estacionales y diarios representativos del microclima interno de la capilla, se han estudiado los datos medios y extremos mensuales en el período de octubre de 1995 a septiembre de 1996.

La tabla 2 resume los datos medios de humedad relativa y temperatura para las distintas épocas del año, obtenidos a partir de los valores medios, máximos y mínimos mensuales. Los datos de desviación típica de la tabla indican la validez de las referencias estacionales. Así, los datos medios estacionales más fiables corresponden a las estaciones de verano e invierno, ya que en las estaciones intermedias (otoño y primavera) los datos mensuales tienen una mayor variabilidad.

Para la caracterización de los ritmos de fluctuación de los parámetros de humedad relativa y temperatura en el ciclo diario se han utilizado los datos agrupados para las distintas estaciones del año.

El análisis de estos datos evidencia que las fluctuaciones que se producen en el ciclo diario a lo largo de todo el año están influenciadas principalmente por la ocupación de la capilla, de forma que los extremos máximos y mínimos se producen relacionados al horario de apertura al público, por la mañana en el intervalo de 9 a 13h. y por la tarde en el intervalo de 17 a 21h. La fluctuación de la humedad relativa parece estar más relacionada con el intercambio de aire con el exterior cuando se abre la puerta de la capilla, mientras que las oscilaciones de temperatura experimentan unas oscilaciones más bruscas debido al régimen de utilización del sistema de climatización que se conecta para los actos religiosos, dependiendo de la temperatura y en función de la comodidad de los asistentes.

Así, las mayores fluctuaciones se producen en el período estival, a pesar de que la capilla permanece cerrada en agosto, y por lo tanto, no se utiliza la refrigeración durante este mes. Los gráficos 3 y 4 resumen las oscilaciones diarias de humedad relativa y temperatura durante el verano a partir de los datos medios mensuales.

7. ESTABILIDAD DE LAS CONDICIONES EN LA CAPILLA RESPECTO AL EXTERIOR

Un aspecto fundamental en cuanto a la identificación del origen de las perturbaciones y posteriormente el diseño de los medios de control, es el análisis de la capacidad que el edificio tiene para amortiguar las fluctuaciones de las condiciones en el exterior. En este caso, los datos disponibles de temperatura y humedad relativa en el exterior tienen ciertas limitaciones ya que el Instituto Nacional de Meteorología proporciona datos actuales de la estación de Sevilla-Aeropuerto, con variaciones importantes para ciertos parámetros respecto a las condiciones en el centro urbano.

En los gráficos 5 y 6 se resume la estabilidad del interior respecto a las condiciones en el exterior. La evolución anual de la humedad relativa, a partir de los datos medios mensuales en el exterior, según datos del INM (período 1931-80, estación Sevilla-Universidad) y los datos medios mensuales de la capilla (a partir de datos horarios, período sep'95-ago'96), indican que la tendencia anual es similar, con valores ligeramente inferiores en el interior de la capilla. Las irregularidades de la curva de la capilla son debidas parcialmente a que los datos están referidos a un sólo ciclo anual en el que puede haber valores mensuales un tanto apartados de la media, pero principalmente a que existe otra causa de las fluctuaciones, como es la utilización del aire acondicionado, y la mayor o menor ocupación de la capilla en ciertos períodos del año.

Las curvas de temperatura del gráfico 6 reflejan con más detalle la evolución de este factor. Las medias de máxima y mínima mensuales en el interior de la capilla (T_M y T_m , período sep'95-ago'96) se mantienen en valores muy próximos a las máximas exteriores, excepto en los meses de verano, y la curva de mínimas acusa (al igual que la humedad relativa) otros factores de perturbación que no se corresponden con las condiciones en el exterior. Estas perturbaciones son evidentes en los meses de febrero-marzo (semana santa y celebraciones previas) y durante el período estival (utilización de la refrigeración, excepto en agosto con la capilla cerrada). Por otro lado, mientras que la amplitud del rango entre máximas y mínimas en el exterior (T_M -ext y T_m -ext), según datos del INM (datos medios mensuales de máxima y mínima, período 1931-60, Sevilla-Universidad), es considerable con una media de 12,5°C y una máxima de 16,2°C en julio, el rango de oscilación en el interior es reducido, con una media anual de 1,9°C y máxima de 3,4°C en julio.

8. INFLUENCIA DE LA OCUPACIÓN HUMANA DE LA CAPILLA

Aunque con los datos medios reflejados hasta el momento la perturbación de las condiciones ambientales causada por la utilización de la capilla es evidente, se han analizado ciertos períodos de máxima ocupación o de utilización del sistema de aire acondicionado en verano para evaluar la importancia de estas perturbaciones.

Así, en las principales celebraciones religiosas con gran afluencia de fieles, como el acto principal del Quinario del Cristo o el besapies, las actividades relacionadas con la instalación de la imagen en el paso de Semana Santa, y de forma variable en las misas diarias, según el número de asistentes, la magnitud de las perturbaciones duplican los valores medios.

El gráfico 7 recoge esta situación el día 19 de marzo de 1995 (acto principal del Quinario del Cristo) en el que, independientemente de las condiciones en el exterior (Text), la temperatura se eleva anormalmente a partir de las 11h alcanzando una oscilación máxima de 4,39°C mientras que la oscilación diaria media en marzo es de 2,0°C. La situación es similar el día 2 de abril del mismo año (besapies) en el que la capilla permaneció abierta todo el día con gran afluencia de personas. El rango de oscilación (3,9°C) casi se cuadruplicó respecto a la media diaria (1,2°C) para la temperatura, y la humedad relativa alcanzó el registro mínimo de todo el período de observación con un 14% y una oscilación diaria de 22%, cuando la media de oscilación diaria es del 10% para el mes de abril.

En cuanto al efecto que causa la utilización ocasional de la refrigeración, en verano principalmente, la situación queda resumida en el gráfico 8. Las oscilaciones de temperatura son muy bruscas, del orden de 4,6°C para el período semanal recogido, alcanzando mínimos diarios en pocos minutos, durante el horario de apertura de la capilla en el que se conecta la refrigeración. Los mínimos de temperatura se relacionan con mínimos de humedad relativa, debido al tipo de aire acondicionado que ocasiona una condensación de agua en los aparatos y una progresiva disminución de la humedad absoluta del aire. En el gráfico también se refleja la temperatura en la superficie de la imagen (Ti) a partir de los datos suministrados por un sensor situado en la parte posterior de la imagen a la altura del paño de pureza, a 2.75 m del suelo aproximadamente. Estos datos indican una temperatura media superior a la de la capilla (sensor situado a 1m del suelo) debido al gradiente vertical de temperatura causado por la estratificación del aire en la capilla, y a la acumulación de calor causada por la iluminación y disposición de velas enfocadas hacia la imagen.

9. INTERACCIÓN DE LA IMAGEN CON SU MEDIO

La conservación material de la imagen exige, no sólo el conocimiento de las condiciones ambientales de su entorno, sino del comportamiento de la propia imagen en función de los materiales de los que está constituida y el tipo de ensamblaje de las distintas partes, y también de su estado de conservación.

En función de estos factores, se puede considerar que los procesos de deterioro que mayor incidencia pueden tener para la imagen son: a) el deterioro físico (deformaciones, agrietamiento, desensamblaje de las piezas, etc.) del soporte de madera y de los adhesivos de origen orgánico, debido a oscilaciones bruscas de humedad relativa y temperatura; b) el biodeterioro (pudrición por microorganismos o/y perforación

por insectos xilófagos) favorecida principalmente por niveles altos de humedad; y c) el deterioro de la policromía (por efecto indirecto de los procesos anteriores, o por pérdida de adherencia o cohesión de la capa pictórica) debido a la degradación de los aglutinantes de origen orgánico.

Respecto a estos procesos, las referencias de los últimos estudios publicados indican que el rango de humedad relativa aconsejable para evitar el deterioro físico de los materiales orgánicos se encuentra entre el 40% y el 70%⁵. Por debajo de este rango, la degradación es probable entre el 0-30% de humedad relativa, y posible del 30-40%, produciéndose una fragilización de los materiales. Por encima del rango óptimo la degradación provoca un debilitamiento de los materiales de forma probable entre el 80 y el 100% y posible entre el 70 y 80%. Por otro lado, el riesgo de biodeterioro parece situarse de forma posible entre el 60 y el 75% y probable por encima de estos niveles. Otras referencias necesarias para evaluar el riesgo de deterioro son la amplitud y la velocidad de las fluctuaciones, aunque resulta difícil establecer generalizaciones. Respecto a la amplitud de las oscilaciones, algunos trabajos⁶ indican que oscilaciones de humedad relativa superiores a un $\pm 10\%$ alrededor de un rango medio, significan un aumento del riesgo de degradación física para la madera y las policromías, llegando a ser grave con rangos de oscilación de $\pm 40\%$. En cuanto a la temperatura, valores superiores a 30°C pueden suponer un riesgo importante de deterioro para adhesivos, ceras, etc., y oscilaciones superiores a $\pm 10^\circ\text{C}$ aumentan el riesgo de deterioro de policromías, barnices, etc.

9. 1. Condiciones extremas

En cuanto a los valores extremos del rango de oscilación de la humedad relativa, la tabla 1 y el gráfico 2 indican que la humedad relativa en la capilla supera frecuentemente los límites recomendables. Incluso la humedad relativa media es superior al 60% en los meses de diciembre y enero, y alcanza máximos superiores a este nivel a lo largo de todo el ciclo anual a excepción del período de junio a octubre. Esto indica que el riesgo de biodeterioro existe y que otros factores como el estancamiento del aire, la suciedad y la contaminación del aire, la oscuridad y las altas temperaturas, pueden determinar la aparición de ataques de insectos o microorganismos que deterioren la imagen.

En cuanto al deterioro físico, en el período de noviembre a marzo se registran máximas superiores al 70% y, en el otro extremo, se dan mínimas inferiores al 40% a lo largo de todo el año a excepción de enero, e incluso la humedad relativa media

5. ERHARDT, D.; MECKLENBURG, M. (1994): "Relative humidity re-examined. Preventive Conservation. Practice, Theory and Research". Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 Sep. 1994, p 32-38. IIC, London.

6. MICHALSKY, S. (1994): *Relative Humidity and Temperature Guidelines: What's Happening?* CCI Newsletter, No. 14, Sep. 1994, p. 6-8. Canadian Conservation Institute, Ottawa.

alcanza este nivel en el período de abril a septiembre, dependiendo de las condiciones meteorológicas en el exterior. Esto significa que el riesgo de deterioro físico es importante y la aparición de grietas, fisuras, deformaciones, pérdida de adherencia al soporte de la policromía, etc., puede producirse en función de otros factores como la amplitud y velocidad de las oscilaciones, las altas temperaturas, el estado de conservación de los materiales, etc.

Por otra parte, la temperatura en la capilla (tabla 1 y gráfico 1) alcanza sus máximos niveles en el período de mayo a septiembre alrededor de los 30°C, con una máxima absoluta de 32,3°C en agosto de 1995, en el período en el que se han realizado las observaciones. Incluso la temperatura media supera los 28°C en julio (utilizando la refrigeración para los actos religiosos), y se sitúa alrededor de los 30°C en agosto (con la capilla cerrada). En el otro extremo los valores son más moderados y los mínimos absolutos corresponden a los meses de enero, febrero y marzo en los que se superan ligeramente los 14°C. Estos datos indican que el mayor riesgo, en cuanto a los valores extremos, corresponde a las temperaturas elevadas (alrededor de los 30°C) que actúan indirectamente al causar una disminución considerable de la humedad relativa, y directamente causando el debilitamiento de sustancias orgánicas como adhesivos y ceras. Teniendo en cuenta, además, que la temperatura de la imagen (medida a una altura de 2,5 m. del suelo) ha registrado máximos ligeramente superiores (entre unas décimas y dos grados) a los máximos considerados para la sala, debido a los factores ya comentados, hay que considerar que el riesgo de que este factor actúe como catalizador de los procesos degradativos que se puedan producir es importante. Un dato que abunda en la importancia de las altas temperaturas son las observaciones de las personas encargadas de la apertura y cierre de la capilla y preparación para los actos religiosos, respecto al encuentro de velas de cera dobladas por el excesivo calor en la capilla.

9. 2. Amplitud y velocidad de las oscilaciones

Para evaluar la amplitud y velocidad de las oscilaciones que experimentan las condiciones ambientales que soporta la imagen, y profundizar en el efecto que estos cambios puedan ejercer en el deterioro de la imagen, se han estudiado tres clases de parámetros diferentes: a) la oscilación mensual absoluta de la humedad relativa del aire y la temperatura, a partir de las máximas y mínimas de cada parámetro; b) la oscilación diaria de la humedad relativa, la temperatura de la capilla y la temperatura de la imagen, a partir de los datos máximos y medios en cada mes; y c) la oscilación máxima horaria (MOH, máxima oscilación entre registros horarios consecutivos) de la humedad relativa, la temperatura de la capilla y la temperatura de la imagen, a partir de los datos máximos y medios diarios en cada mes. Los valores de estos parámetros se reflejan en la tabla 3 para la humedad relativa y la tabla 4 para la

temperatura. En la tabla 4 figuran en cursiva los valores calculados (no registrados) de la temperatura de la imagen, estimados a partir de la correlaci3n existente entre la temperatura de la capilla y la temperatura en la imagen. En las tablas figuran recuadrados los valores máximos de cada parámetro.

Un primer análisis de estos datos, evidencia que las oscilaciones más bruscas y rápidas se dan en los meses de verano, y evidentemente relacionadas con la ocupaci3n de la capilla y especialmente con la conexi3n de la refrigeraci3n. Las oscilaciones máximas de casi todos los parámetros se dan en el mes de julio, mientras que en agosto, con la capilla cerrada y a pesar de las altas temperaturas, las oscilaciones son incluso inferiores a los valores medios anuales.

En cuanto a la humedad relativa, la oscilaci3n absoluta en el ciclo anual estudiado (66%), aunque es muy amplia, puede tener una importancia relativa. Sin embargo, observando los valores mensuales que superan el 45% en varias ocasiones, siendo la oscilaci3n mínima de un 22%, hay que considerar que son oscilaciones muy grandes aunque se produzcan en un intervalo máximo de un mes. Las oscilaciones en el ciclo diario tienen valores máximos del 19% de media aunque en julio y septiembre se dan oscilaciones del 23 y 25% en períodos de 24 horas. Incluso en períodos muy cortos de 60 minutos se han registrado oscilaciones superiores al 13% en noviembre y julio, siendo un 10% la media de las oscilaciones máximas en períodos de 60 minutos durante todo el año. En funci3n de estos datos, se puede considerar que la importancia de estas oscilaciones incrementa el riesgo de deterioro físico de la madera y la policromía de la imagen.

La temperatura, por otro lado, parece experimentar oscilaciones menos importantes a excepci3n de las perturbaciones que causa la utilizaci3n de la refrigeraci3n. La oscilaci3n absoluta durante el período de observaci3n ha sido de 16,0°C, mientras que la media mensual es de 5,9°C, s3lo superada en el período de junio a septiembre (a excepci3n también de agosto). Ocasionalmente, dependiendo de las condiciones en el exterior, se pueden presentar días calurosos en distintas épocas, como el mes de marzo de 1996, que ocasionan oscilaciones anormales. La media de las oscilaciones máximas diarias es de 3,6°C para la temperatura en la capilla, y de 3,0°C para la temperatura de la imagen (s3lo datos de 7 meses). Las oscilaciones máximas en intervalos horarios tienen una magnitud de 2,5°C de media para la capilla y 1,8°C para la imagen. En conjunto, se puede considerar que la importancia de la temperatura en el aumento de los riesgos de deterioro para la imagen consiste en las elevadas temperaturas que se observan de manera pertinaz durante una parte importante del ciclo anual y ocasionalmente en cualquier época del año (dependiendo de las condiciones en el exterior), y el uso que se hace del sistema de climatizaci3n. Estos factores también influyen en las oscilaciones observadas de la humedad relativa.

10. CONTROL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Una vez analizados los diferentes factores y parámetros que definen las condiciones ambientales en el interior de la capilla, parece evidente la necesidad de establecer cierto control de las condiciones ambientales que reduzcan los rangos de oscilación, especialmente de la humedad relativa, y limiten los máximos excesivos de temperatura. Para ello, se requiere unos rangos y límites que sirvan de referencia, adaptada a las condiciones reales de la capilla y su microclima característico.

10. 1. Condiciones ambientales óptimas

Así, se han analizado los datos de humedad relativa y temperatura según la distribución de frecuencias de los datos horarios durante el período de observaciones, con los resultados que quedan resumidos en los gráficos 9 y 10. Se puede observar que los datos de humedad relativa tienen una distribución normal, mientras que los de temperatura (con un intervalo de clases de 2°C) no siguen una distribución normal. Esto se puede explicar por el tipo de control climático que se sigue hasta el momento.

En función de estos datos, se puede definir *a priori* un rango de condiciones óptimas tratando de eliminar los extremos más bruscos. Según los datos de humedad relativa se puede definir un límite inferior del 40% y un límite superior del 65%. Este rango considerado como óptimo engloba el 67,1% de los datos registrados, y por lo tanto de las situaciones previsibles en la capilla. Por debajo del 40% de HR se dan un 20,4% de las situaciones, mientras que por encima del 65% de HR se producen un 12,5% de las observaciones. Este rango que limitaría notablemente las oscilaciones máximas, y con ello los riesgos deterioro, está basado en las condiciones reales observadas y su control exigiría los menores esfuerzos. En cuanto a la amplitud y velocidad de las oscilaciones, los valores que se podrían aceptar como referencias óptimas son un 10% de oscilación máxima diaria y un 5% como oscilación máxima horaria, en función de los datos medios que figuran en la tabla 3.

Si el rango óptimo de humedad relativa se ha definido exclusivamente en función de la conservación de la imagen, el establecer un rango óptimo para la temperatura, requiere otro análisis diferente. En este caso habría que tratar de compaginar la conservación, con ciertas condiciones de comodidad humana. Para ello, un rango "razonable" que elimine los extremos máximos y limite las oscilaciones, teniendo en cuenta a la vez el clima local, es el rango 18-26°C. Estas condiciones supondrían el control del 26,3% de las situaciones que se dan por debajo de 18°C, y el 27,3 % de las situaciones previsibles por encima de 26°C. Quizá unos máximos inferiores a 24°C serían más cómodos para las personas pero incrementarían enormemente el coste y la dificultad para conseguir un control adecuado y compatible con la conservación de la imagen. La amplitud y velocidad de las oscilaciones que se podrían aceptar

como óptimas seran 1,9°C de oscilación máxima diaria, y 1,1°C como oscilación máxima horaria, en función de los valores medios que figuran en la tabla 4.

En cualquier caso, estas referencias propuestas como valores óptimos de humedad relativa y temperatura habra que validarlos con inspecciones periódicas del estado de conservación de la imagen en un perido significativo de tiempo.

10. 2. Requerimientos de control ambiental

Según los datos anteriores, parece evidente que el actual sistema de control es inadecuado y resulta insuficiente para minimizar los riesgos de deterioro de la imagen. Es inadecuado porque incluso agudiza los riesgos de deterioro de la imagen al utilizarse únicamente en función de la comodidad de las personas. Su utilización de forma ocasional causa las mayores y más bruscas perturbaciones, multiplicando las que se produciran de forma natural. Por otro lado, el sistema actual no permite controlar de ninguna manera la humedad relativa, factor fundamental para la conservación de la imagen. La utilización de aparatos humidificadores independientes de tipo vaporizador no es la más adecuada y puede suponer riesgos añadidos a la situación que se pretende controlar. Y una carencia básica que se ha tratado de paliar con la realización de este estudio es la de no contar con ningún sistema de seguimiento de las condiciones ambientales, desconociendo por tanto la magnitud objetiva de los problemas y la idoneidad de los esfuerzos de control que se pretendan emprender.

Los criterios a observar a la hora de diseñar un sistema de control no comienzan por la instalación de aparatos más o menos potentes y sofisticados, sino por analizar las posibles mejoras del aislamiento térmico del edificio, la mejora de las posibilidades de ventilación controlada, y en caso necesario de la instalación de un sistema de climatización que permita compatibilizar la comodidad de las personas con la conservación de la imagen, durante las 24 horas del día y teniendo en cuenta las condiciones habituales.

Para el diseño de los medios de control suficientes en función de los rangos óptimos propuestos y considerando un control continuo de las condiciones ambientales, es necesario analizar los peridos y el tipo de control necesario a lo largo del ciclo anual. Los gráficos 11 y 12 esquematizan la situación para la humedad relativa y la temperatura respectivamente. Como se puede apreciar en el gráfico 11, la humidificación será necesaria durante todo el año a excepción de enero y, dependiendo de las condiciones de cada año, diciembre. En el otro extremo, será necesario deshumidificar (extraer humedad) en ciertos momentos durante el perido de noviembre a mayo.

En cuanto a la temperatura, será necesario suministrar calor en ciertos momentos durante el perido de noviembre a marzo, y suministrar aire frío principalmente durante el perido de mayo a septiembre. Estas previsiones no contemplan la aconsejable mejora del aislamiento térmico y ventilación controlada del edificio.

10. 3. Situaciones de difícil control

Todo lo anterior tiene como premisa las condiciones ambientales en la capilla en la que se conserva la imagen durante el 99% del tiempo. Pero la situación con mayor riesgo de deterioro para la imagen es el período de Semana Santa. Las manipulaciones que sufre la imagen para su disposición en el besapie y su instalación en el paso procesional por una parte, y las condiciones meteorológicas en el exterior durante el recorrido de la procesión por las calles de Sevilla, por otra, requieren un enfoque especial. Para disminuir los riesgos de deterioro durante este corto período, habría que estudiar y mejorar el sistema actual de sujeción de la imagen, y adiestrar específicamente a un grupo de personas encargadas para todas las operaciones de movimiento de la imagen, mejorar el sistema de fijación en el paso procesional para evitar la mayor parte de las vibraciones, y diseñar una estructura del paso que evite accidentes de caídas, tropezones, etc. En cuanto al tiempo meteorológico, habría que recurrir a la consulta sistemática de las previsiones meteorológicas y desestimar la salida ante cualquier riesgo de precipitación, como parcialmente se realiza en la actualidad. La incidencia de la radiación solar directa es otro factor que habría que tratar de controlar al máximo, al igual que la disposición de velas o iluminación artificial en el paso procesional.

Considerando que esta es una de las celebraciones fundamentales, acompañada de una gran tradición popular, que tiene por objeto la imagen, parece incuestionable su permanencia. Esto no implica que no se puedan y deban mejorar los aspectos mencionados anteriormente, mediante un análisis riguroso y con un enfoque de conservación preventiva, que aquí sólo se ha esbozado ya que requeriría un tratamiento específico.

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a Victorino Ramos, Mayordomo de la Hermandad del Santísimo Cristo de la Buena Muerte durante el período en el que se realizó el estudio, por su atenta colaboración para facilitar los trabajos en todo momento. A Pilar Toro, por su amabilidad al facilitar diversos datos utilizados en el estudio, y a Alfredo Morales y al Departamento de Historia del Arte, Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Sevilla, por la posibilidad de publicación de este trabajo.

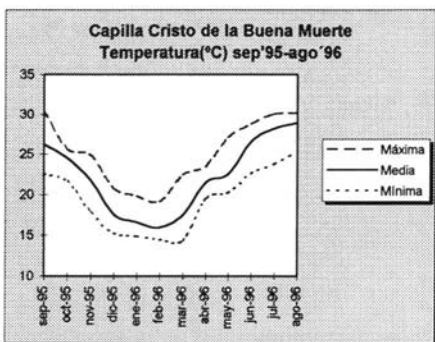


Gráfico 1. Temperatura en la Capilla a lo largo del ciclo anual, según datos medios mensuales y los extremos máximos y mínimo mensuales

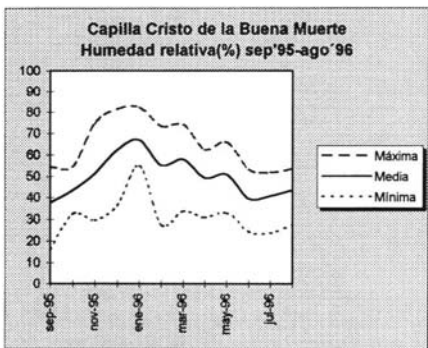


Gráfico 2. Humedad relativa en la Capilla a lo largo del ciclo anual, según datos medios mensuales y los extremos máximo y mínimo mensuales

Tabla 1
 Datos estadísticos.
 Período sep'95-ago'96

Humedad relativa (HR %)			
	Media Anual	Máx. mensual	Mín. mensual
HR Media	50	67	38
Rango oscilación	34	46	22
HR Mínima	45	64	30
HR Máxima	54	71	44
Nº Datos/mes		744	694

Temperatura (T °C)			
	Media Anual	Máx. mensual	Mín. mensual
T Media	22,3	28,9	15,9
Rango oscilación	5,8	8,1	4,0
T Mínima	21,2	28,5	15,3
T Máxima	23,1	29,2	17,3
Nº Datos/mes		744,0	694,0

Tabla 2
 Datos Estadísticos Estacionales.

Otoño'95 (oct., nov., dic.)

	Humedad relativa (HR%)		Temperatura (T °C)	
	Media Otoño	Desv. típica	Media Otoño	Desv. típica
Media	52	7,92	21,3	2,84
Máxima	70	11,46	23,8	2,15
Mínima	33	2,79	18,2	2,64

Invierno'96 (ene., feb., mar.)

	Humedad relativa (HR%)		Temperatura (T °C)	
	Media invierno	Desv. típica	Media invierno	Desv. típica
Media	60	5,12	16,6	0,56
Máxima	77	4,13	20,5	1,43
Mínima	39	11,71	14,6	0,22

Continúa...

Tabla 2 (Continuación)
 Datos Estadísticos Estacionales.

Primavera'96 (abr., may., jun.)

	Humedad relativa (HR%)		Temperatura (T °C)	
	Media primav	Desv. típica	Media primav	Desv. típica
Media	47	5,12	23,5	2,18
Máxima	61	5,36	26,5	2,17
Mínima	30	3,66	20,8	1,33

Verano'96 (jul., ago., sep.)

	Humedad relativa (HR%)		Temperatura (T °C)	
	Media verano	Desv. típica	Media verano	Desv. típica
Media	42	1,15	28,0	0,88
Máxima	52	1,10	29,5	0,80
Mínima	27	2,50	24,4	0,66

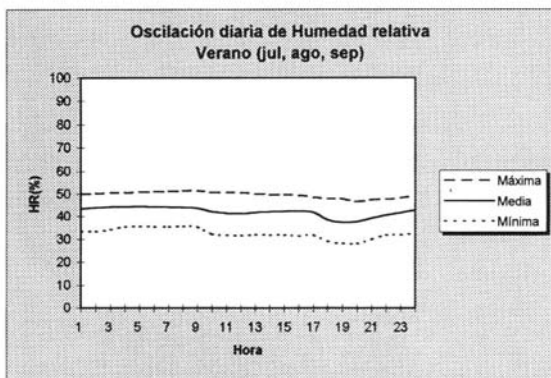


Gráfico 3. Evolución de la humedad relativa en el ciclo diario a partir de los datos medios de la media, la máxima y la mínima horarias en la estación estival.

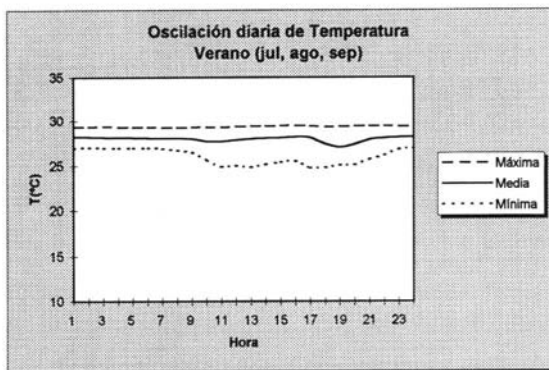


Gráfico 4. Evolución de la temperatura en el ciclo diario a partir de los datos medios de la media, la máxima y la mínima horarias en la estación estival.

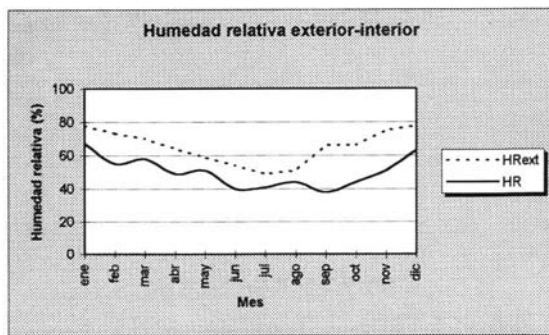


Gráfico 5. Comparación de los datos de humedad relativa entre el interior y el exterior a partir de los datos medios mensuales.

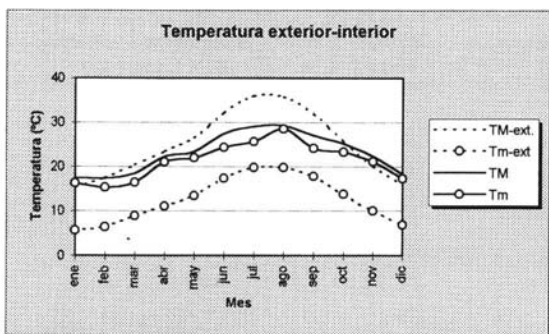


Gráfico 6. Comparación de los datos de temperatura máxima y mínima entre el interior y el exterior a partir de los datos medios mensuales.

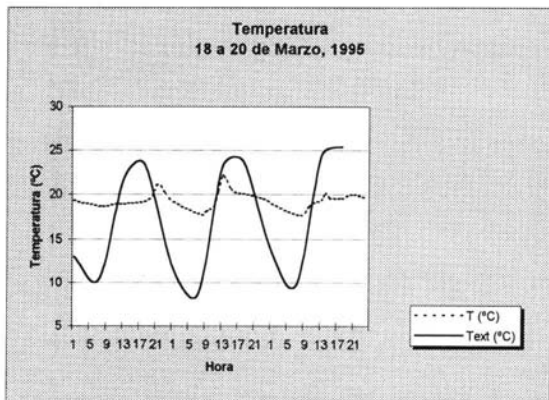


Gráfico 7. Oscilación de la temperatura durante el período del 18 al 20 de marzo de 1995, en el exterior (datos INM, Sevilla-Aeropuerto) y en el interior de la capilla.

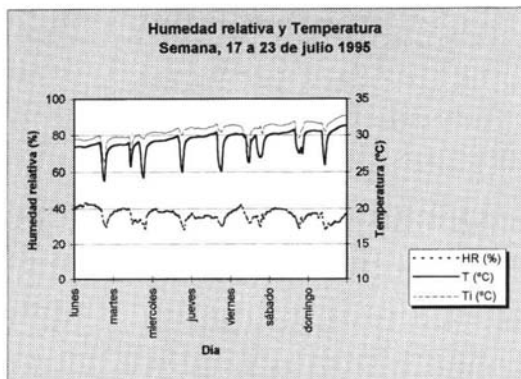


Gráfico 8. Perturbaciones de la humedad relativa y la temperatura causadas por la ocupación y el sistema de acondicionamiento climático, en verano. Ti corresponde a la temperatura de la imagen.

Tabla 3
Oscilación de Humedad relativa (%)
Período sep'95-ago'96

	Osc. absoluta	Oscilación diaria		Máxima osc. horaria (MOH)	
		Máxima	Media	Máxima	Media
sep	38	25	14	11	6
oct	22	16	10	12	5
nov	45	17	8	14	4
dic	45	20	7	7	3
ene	27	13	7	5	3
feb	45	17	9	7	4
mar	40	20	10	9	4
abr	32	23	10	8	4
may	33	18	9	11	4
jun	29	21	13	10	7
jul	28	23	15	13	8
ago	26	13	6	8	3
media año	34	19	10	10	5

Tabla 4
Oscilación de Temperatura (°C)
Período sep'95-ago'96

	Osc absoluta	Oscilación diaria				Máxima oscilación horaria (MOH)			
	capilla	Máx capilla	Med capilla	Máx imagen	Med imagen	Máx capilla	Med capilla	Máx imagen	Med imagen
sep	7.8	4.9	2.9	2.9	1.1	2.9	2.1	1.3	0.6
oct	4.0	3.1	1.9			2.5	1.5	1.8	1.0
nov	7.1	2.7	1.3			2.5	0.7	1.7	0.5
dic	5.5	2.4	1.1	2.0	1.1	1.9	0.6	1.7	0.6
ene	4.9	3.8	1.2			2.1	0.7	1.5	0.5
feb	4.7	4.2	2.0			2.9	1.3	2.0	0.8
mar	8.1	3.7	2.1			2.0	0.8	1.4	0.6
abr	4.0	2.6	1.2	2.0	1.1	1.5	0.6	1.0	0.5
may	6.9	2.8	1.4	2.4	1.2	2.4	0.8	1.8	0.6
jun	6.1	4.6	3.1	3.5	2.4	3.0	2.1	1.9	1.5
jul	6.3	5.6	3.4	5.4	2.9	3.8	2.2	3.0	1.8
ago	4.8	2.6	0.7	2.6	0.7	2.4	0.2	1.9	0.3
media año	5.8	3.6	1.9	3.0	1.5	2.5	1.1	1.8	0.8

Humedad relativa, período sep'95 - ago'96

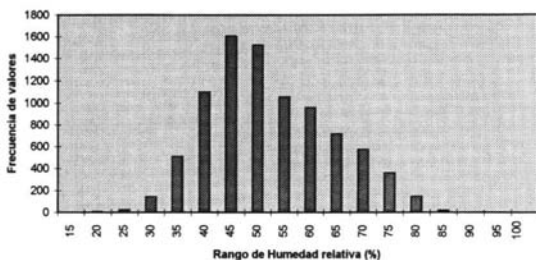


Gráfico 9. Distribución de frecuencias de los datos de humedad relativa en el período sep'95 a ago'96, a partir de los datos horarios (8.727 datos).

Temperatura, período sep'95 - ago'96

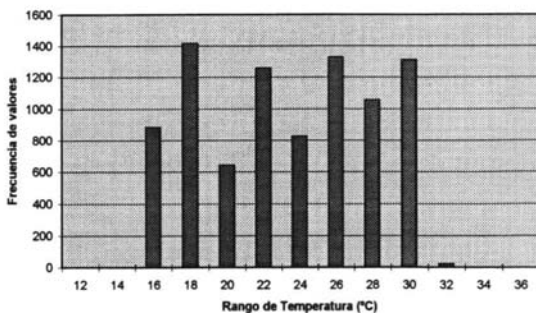


Gráfico 10. Distribución de frecuencias de los datos de temperatura en el período sep'95 a ago'96, a partir de los datos horarios (8.727 datos).

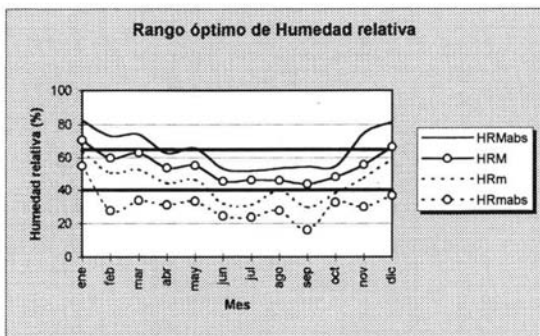


Gráfico 11. Rango óptimo estimado de humedad relativa (40-65%), y valores extremos (máximos y mínimos) medios y absolutos mensuales.

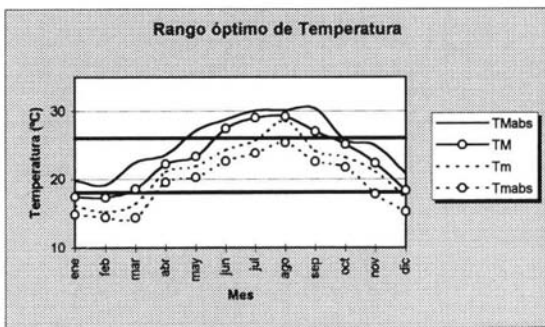


Gráfico 12. Rango óptimo de temperatura (18-26°C), y valores extremos (máximos y mínimos) medios y absolutos mensuales.