

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y TÉCNICAS APLICADAS
A LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA EN EL ÁMBITO
DEL ESTUDIO MICROCLIMÁTICO DE BIENES DE
INTERÉS CULTURAL**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Tesis Doctoral presentada por:

Enrique Vivó Soria

Dirigida por:

D^a Pilar Roig Picazo

DEPARTAMENTO:

Conservación y Restauración de Bienes Culturales

PROGRAMA DE DOCTORADO:

Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Artístico

CENTRO:

Universidad Politécnica de Valencia

Enero 2016

Este es el equipo

“Los que saben de las heridas del tiempo, los que conocen del dolor de las piedras seculares, los que conocen las leyes de la Física y de la Naturaleza, los que además saben de Geometría, de la que dicen los pecadores que es una diosa aburrida, los que por ser de barro dominan el barro, los que creen que la madera es el alma de los árboles, los que curan los colores, los que acarician el arte cuando está roto, los que les paraliza la belleza...”

Justo Nieto

“Investigar significa pagar la entrada por adelantado, y entrar sin saber lo que se va a ver”.

J. Robert Oppenheimer

A mi gran familia.

“No te rindas Papi...”

PRESENTACIÓN

La presente tesis doctoral es el resultado de más de 20 años de investigaciones y colaboraciones entre el Departamento de Termodinámica Aplicada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Facultad de BBA de la Universidad Politécnica de Valencia.

Mi participación en dos grandes proyectos de restauración-rehabilitación, como la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia, y posteriormente multitud de estudios en diversas restauraciones del Patrimonio Cultural Valenciano, me han brindado la oportunidad de adquirir una amplia visión del trabajo de restauradores, arquitectos, químicos, biólogos, historiadores del arte y un largo etc., distinta de la que conocía hasta ese momento, permitiendo enriquecer mi formación como ingeniero y como persona.

Desde el año 1993, que tuve la oportunidad de formar parte del ambicioso proyecto de Recuperación Integral de la Basílica de la Virgen, he participado en múltiples obras de rehabilitación y restauración de templos emblemáticos, pudiendo perfeccionar las metodologías aplicadas y orientar hacia el profesional de la restauración la finalidad de las mismas. Estas metodologías se circunscriben al ámbito del estudio microclimático de los ambientes que albergan los Bienes de Interés Cultural y en especial de la pintura mural.

Esta parte de mi trayectoria profesional me ha ayudado a adquirir mayores conocimientos sobre el tema, para finalmente recopilarlos en la presente Tesis Doctoral. Todos estos conocimientos y métodos serán de gran utilidad para posteriores estudios e intervenciones de restauración y conservación preventiva, como los que se están desarrollando actualmente en la Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia.

La colaboración entre los diferentes equipos multidisciplinares en estos proyectos, me ha permitido investigar y compartir con el resto de profesionales, los resultados

y conocimientos prácticos obtenidos en cada área. Las distintas líneas de investigación abordadas en estos proyectos emblemáticos – histórica, gráfico-ópticas, físico-químicas, medio-ambientales y la intervención directa en la obra-, se han planteado con el objetivo de su plena integración e interrelación, obteniendo resultados de forma compartida.

AGRADECIMIENTOS

Necesitaría otro documento de similares dimensiones para poder enumerar las personas que han influido en la trayectoria del camino emprendido hace ya más de 20 años. Un recuerdo especial a los amigos que ya no están con nosotros.

A mis Padres, mi Hermano y mi Padrino por su apoyo incondicional y por soportar las fluctuaciones de carácter (no térmicas), que he sufrido a lo largo de este último año, pero sobre todo gracias a mi mujer Laura y a mis hijos Leyre, Enrique y Aurora, por su paciencia con este proyecto, por el tiempo que me han concedido, un tiempo robado a la historia familiar. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y por ello es también el suyo. Y a mi Yaya Amparo por la infancia tan maravillosa a su lado.

A la Verge dels Desamparats por estar a mi lado desde que nací y el reconfortante reencuentro con Ella cada vez que en las largas noches dentro de la Basílica, montando el sistema de monitorización, me asomaba por los rincones para verla iluminada en su Camarín. A sus fieles seguidores, que tantas noches he visto asomados a la puerta de bronce, buscando refugio en su mirada, dándome ejemplo de humildad. A Lucas, Paco, Joaquín, Josefa, Miguelín, D. Miguel Sancho, D. Juan B. Antón, Jaume, Monjas de la Tienda, etc., etc.

Al Dr. José Manuel Pinazo Ojer, D. Pablo Segura Grañó, y D. Pedro Torrero, mis maestros, por darme la primera y mayor oportunidad de mi vida profesional, al contar conmigo y guiarme en esos primeros pasos tan difíciles para salir al mercado laboral.

A la Dra. Pilar Roig Picazo, mi siempre “directora” y creyente incondicional de todos los proyectos encomendados. Por contar conmigo y darme la oportunidad de conocer y trabajar con grandes profesionales.

A mis entrañables amigos de la Abadía de San Salvador de Leyre, el Padre Oscar, el Padre José Manuel y el Padre Germán, donde siempre encuentro refugio y conversación. Y a mi amigo Alfredo Granell por mostrarme ese camino.

A todos los restauradores y técnicos de las grandes intervenciones en la Basílica de la Virgen y la Iglesia de San Nicolás de Valencia, que tanto me han ayudado y aconsejado en mis investigaciones: José Luis Regidor, Josele, Julia Osca, José

Madrid, Juan Valcárcel, Sofía Vicente, Pilar Martí, Marisa Martínez, Fernando Segarra, Mavi Vivancos, María Castell, Teresa Domenech, Rosa Montes, J. C. Asensi, Juana Bernal, Vicente Guerola, Teresa Moltó, Enriqueta González, Lucía Bosch, Pilar Bosch, Pilar Soriano, Tona Zalbidea, Mercedes Sánchez, Valeria Marcenac y Juan José Baldó.

A todo el equipo del departamento de Termodinámica Aplicada de la U.P.V. por su ayuda en el laboratorio, a D. Antonio García y D. Guillermo Pichetto,

Al Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la U.P.V., en especial a Alex y Salud por su ayuda con los trámites doctorales.

Al Dr. Ignacio Bosch Reig del Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la U.P.V., por sus valiosos consejos y claras directrices y por ser ejemplo de magnífico Director de Orquesta de las más diversas disciplinas al servicio del Patrimonio Histórico.

A D. Miguel Granell León de la Escuela de Doctorado de la UPV, por su inmensa paciencia y por recordarme año tras año durante más de 20, que me había olvidado matricularme, o que tenía algún plazo o gestión pendiente de completar.

A D. Gianluigi Colalucci gran restaurador y mejor persona.

A la Dra. María Gómez Rodrigo por acompañarme en los proyectos que emprendí y estar siempre velando por nuestra amistad.

A Javier y Ramón, por hacerme sentir siempre que podía contar con ellos en los momentos más duros. Los obstáculos no son más que un condimento del triunfo.

A Valeria, Marcela y Benjamín por ejercer de traductores oficiales.

A la Fundación para la Rehabilitación de la Basílica por gestionar y conseguir parte de los fondos para la obra.

A la Fundación Hortensia Herrero y el Arzobispado de Valencia que ha permitido la restauración de la Iglesia de San Nicolás Obispo. Al párroco D. Antonio Corbí y a D. Carlos Campos, Arq. responsable de la obras.

Y a todos los que me han acompañado en este especial y largo periodo de mi vida: Ángel y Amparo, Pablo G. M., JJ, Carlos S. M. y G., Juansa, Juanjo, Javi B. A., Kisco, José Damián, Jesús, Marcos, Enrique, Paco, Pablo y Lourdes Bernal.

RESUMEN



TÍTULO: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y TÉCNICAS APLICADAS A LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA EN EL ÁMBITO DEL ESTUDIO MICROCLIMÁTICO DE BIENES DE INTERÉS CULTURAL.

RESUMEN

La degradación a la que está sometido el entorno que rodea cualquier Bien de Interés Cultural (BIC), tanto mueble como inmueble, conduce al estudio y prevención de las incidencias medioambientales sobre los mismos. Esta Tesis se plantea como una investigación descriptiva del efecto del ambiente degradado sobre la obra de arte, con los objetivos previamente delimitados y el método planificado en base a experiencias de campo realizadas en proyectos de intervención del Patrimonio de gran complejidad. Esta complejidad exige, por otra parte, la intervención de diversas disciplinas, convirtiendo la investigación en un ágora donde compartir y validar los resultados obtenidos por los equipos de investigadores.

Con el análisis del ambiente a pequeña escala (microclima), pretendemos caracterizar la evolución y tendencias de parámetros psicrométricos (temperatura, humedad, contenido de agua en el aire, etc.) de los espacios sometidos a estudio, en relación con variables tanto internas como externas. La investigación se centrará en los métodos para llevar a cabo estos estudios en espacios singulares, tales como capillas, bóvedas, etc., y en general lugares con variaciones ambientales de difícil evaluación, tanto por sus dimensiones como por la presencia de una enorme diversidad de agentes ambientales interrelacionados.

Se procederá a resolver problemas relacionados con la obtención de gran cantidad de datos necesarios para el análisis termohigrométrico, tratamiento de los mismos y evaluación de resultados. Esta evaluación se centrará en la detección de posibles riesgos sobre el BIC, causados por niveles extremos y fluctuaciones, analizando los efectos físicos de degradación derivados, prestando atención especial a la conservación de pinturas murales.

Describiremos a lo largo del trabajo, las investigaciones realizadas en proyectos como la Restauración-Rehabilitación de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia (1994-2004), diversos estudios en templos, ermitas y capillas, atendiendo a las necesidades y deterioros específicos detectados. Todos estos conocimientos, experiencia adquirida y los métodos depurados, serán de gran utilidad para posteriores estudios e intervenciones de Restauración y Conservación Preventiva, como los que se están desarrollando actualmente en la Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia (2013-2016).

La investigación es por tanto eminentemente práctica, dirigida a contrastar y validar un método de análisis fácilmente entendible y manejable por los profesionales de la Restauración y la Conservación del Patrimonio.

TÍTOL: METODOLOGÍA DE L'ANALISI I TÈCNIQUES APLICADES A LA CONSERVACIÓ PREVENTIVA EN L'AMBIT DE L'ESTUDI MICROCLIMATIC DELS BENS D'INTERES CULTURAL.

RESUM

La degradació a què està sotmés l'entorn que rodeja qualsevol Bé d'Interés Cultural (BIC), tant moble com immoble, conduïx a l'estudi i prevenció de les incidències mediambientals sobre els mateixos. Esta Tesi es planteja com una investigació descriptiva de l'efecte de l'ambient degradat sobre l'obra d'art, amb els objectius prèviament delimitats i el mètode planificat basant-se en experiències de camp realitzades en projectes de intervenció del Patrimoni de gran complexitat. Esta complexitat exigis, d'altra banda, l'intervenció de diverses disciplines, convertint l'investigació en un àgora on compartir y validar els resultats obtinguts pels equips d'investigadors

Amb l'anàlisi de l'ambient a xicoteta escala (microclima), pretenem caracteritzar l'evolució i tendències de paràmetres psicòmètrics (temperatura, humitat relativa, contingut d'aigua en l'aire, etc,..) dels espais sotmesos a estudi, en relació amb variables tant internes com externes. L'investigació se centrará en els mètodes per a dur a terme estos estudis en espais singulars, com ara capelles, voltes, etc., i en general llocs amb variacions ambientals de difícil avaluació, tant per les seues dimensions com per la presència d'una enorme diversitat de agents ambientals interrelacionats.

Es procedirà a resoldre problemes relacionats amb l'obtenció de gran quantitat de dades necessàries per a l'anàlisi termohigromètric, tractament dels mateixos i avaluació de resultats. Esta avaluació se centrará en la detecció de possibles riscos sobre el BIC, causats per nivells extrems i fluctuacions, analitzant els efectes físics de degradació derivats, prestant atenció especial a la conservació de pintures murals.

Descriurem al llarg del treball, les investigacions realitzades en projectes com la Restauració-Rehabilitació de la Basílica de la Mare de Déu dels Desamparats de València (1994-2004), diversos estudis en temples, ermites i capelles, atenent a les necessitats i deterioraments específics detectats. Tots estos coneiximents, experiència adquirida i els mètodes depurats, serán de gran utilitat per a posteriors estudis i intervencions de Restauració i Conservació Preventiva, com els que s'estàn desenrotllant actualment en l'Església de Sant Nicolau Bisbe i Sant Pere Màrtir de València (2013-2016).

La investigació és per tant eminentment pràctica, dirigida a contrastar i validar un mètode d'anàlisi fàcilment intel·ligible i manejable pels professionals de la Restauració i la Conservació del Patrimoni.

TITLE: ANALYSIS METHODOLOGY AND TECHNIQUES APPLIED TO PREVENTIVE CONSERVATION IN THE FIELD OF THE MICROCLIMATIC STUDY OF TANGIBLE CULTURAL HERITAGE.

SUMMARY

Degradation is subject to the environment surrounding any Tangible Cultural Heritage (TCH), which may be assets or states, and it leads us to the study and prevention of environmental impact on themselves. This thesis is conceived as a descriptive research about the impact of the degraded environment on the artwork. Therefore its objectives have previously been targeted and the method has carefully been planned, based on field experiences in highly complex intervention projects in Heritage. Moreover, this complexity requires the involvement of various disciplines, turning this research into an agora to share and validate the results obtained by the research teams.

On the basis of an analysis of small-scale environment (microclimate), we intend to characterize the evolution and trends of psychrometric parameters such as temperature, relative humidity, water content in the air, etc.) that are present in the spaces subject to the study, regarding both internal and external variables. This research will focus on the methods used to carry out these studies in unique spaces such as chapels, vaults, etc., and in general in locations where evaluating the variations of environmental parameters can be a significant challenge, both its size and the presence of a great diversity of interrelated environmental agents.

Also, we will proceed to address issues related to obtain a large amount of necessary data for an analysis the temperature and humidity conditions, as well as the processing data and an assessment of the obtained results. This assessment will focus on detecting potential risks in TCH, caused by extreme levels and fluctuations, analyzing the physical effects resulting from the environmental degradation, and a particular attention being paid to the conservation of wall paintings.

Throughout our work, we will describe research conducted on various restoration and rehabilitation projects in Basilica of Nuestra Señora de Los Desamparados in

Valencia (1994-2004), as well as diverse studies in temples, hermitages and chapels, being based on the specific needs and deterioration which have been identified. All this knowledge, the established experience and the debugged methods will be highly useful for further studies and interventions of Restoration and Preventive Conservation, such as those currently being developed in the Church of San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir in Valencia (2013-2016).

The research is therefore eminently practical, and it is aimed at a method of analysis easily understandable and manageable by professionals working in the field of Heritage Preservation and Restoration.

TITOLO: METODOLOGIE DI ANALISI E TECNICHE APPLICATE ALLA CONSERVAZIONE PREVENTIVA NEL AMBITO DELLO STUDIO MICROCLIMATICO DEI BENI CULTURALI

SINTESI

La degradazione dell'ambiente intorno a qualsiasi Bene d'Interesse Culturale (BIC), sia mobile sia immobile, conduce allo studio e la prevenzione delle condizioni ambientali che incidono su di loro. Questa tesi si presenta come uno studio descrittivo dell'effetto dell'ambiente degradato sull'opera d'arte, con degli obiettivi predefiniti e un metodo pianificato sulla base delle esperienze sul campo in progetti d'intervento sul patrimonio di grande complessità. D'altra parte, tale complessità richiede il coinvolgimento di diverse discipline, dove la ricerca diventa un forum in cui condividere e convalidare i risultati ottenuti dai diversi gruppi di ricercatori.

Con l'analisi dell'ambiente a piccola scala (microclima), intendiamo caratterizzare l'evoluzione e le tendenze dei parametri psicrometrici (temperatura, umidità relativa, contenuto d'acqua nell'aria, ecc.) degli spazi oggetto di studio, in relazione ad entrambe le variabili interne ed esterne. La ricerca si concentrerà sui metodi per eseguire tali studi in spazi singolari, come cappelle, volte, ecc., e in generale in luoghi dove le variazioni ambientali sono difficili da valutare, sia per le sue dimensioni sia per la presenza di una grande diversità di agenti ambientali correlati.

Si risolveranno i problemi legati all'ottenimento di una grande quantità di dati necessari per l'analisi termoigrometrico, la loro lavorazione e la valutazione dei risultati. Questa valutazione si concentrerà sull'individuazione dei rischi potenziali sul BIC, originati dai livelli estremi e fluttuazioni, analizzando gli effetti fisici del degrado, con particolare attenzione alla conservazione delle pitture murali.

Nel trascorso del lavoro si descriveranno le ricerche realizzate in progetti come il restauro-recupero della Basilica della Virgen de los Desamparados de Valencia (1994-2004) e diversi studi in templi, santuari e cappelle, secondo le esigenze e i degradi specifici rilevati. Tutta questa conoscenza, esperienza e metodi perfezionati, sarà utile per nuovi studi e interventi di Restauro e Conservazione Preventiva, come quelli che si stano sviluppando nella Chiesa di San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia (2013-2016).

La ricerca è quindi eminentemente pratica, mirata a contrastare e convalidare un metodo di analisi facilmente comprensibile e gestibile dai professionisti del Restauro e la Conservazione del Patrimonio.

ÍNDICE



Índice general

PRESENTACIÓN.....	IX
AGRADECIMIENTOS.....	XI
RESUMEN	XIII
RESUMEN	XV
RESUM.....	XVII
SUMMARY.....	XIX
SINTESI.....	XXI
ÍNDICE.....	XXIII
Índice general	XXV
Índice figuras	XXXI
Índice tablas	XLI
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS Y PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	11
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GENERALES.....	23
1.1.- Temperatura y humedad. Psicrometría.	24
1.1.1.- Medición de temperatura. Definiciones termodinámicas.....	24
1.1.2.- Medición de Humedad Relativa.	30
1.2.3.- Diagrama psicrométrico.....	32
1.2.- Instrumentación móvil empleada. Especificaciones técnicas.	36
1.2.1.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 1994-2004.....	37
1.2.2.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 2004-2015.....	43
1.3.- Tratamiento estadístico de datos y representación gráfica.	46
1.3.1- Tratamiento estadístico de los datos.	46
1.3.2.- Representación gráfica.	49
1.4.- El clima de la Comunidad Valenciana.	57
1.4.1.- La temperatura.	57
1.4.2.- La humedad.....	59
1.4.3.- Niveles en la ciudad de Valencia.	59
1.4.4.- Niveles ambientales exteriores en la ciudad de Valencia.	61
1.4.5.- El fenómeno de isla de calor	64
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES SOBRE BIENES CULTURALES.....	69

2.1.- Introducción.	70
2.2- Técnicas de preparación. Descripción de materiales soporte en pintura mural.	71
2.3.- Influencia de la humedad en las preparaciones y soportes.	74
2.3.1.- Influencia de la humedad en las pinturas murales.	76
2.4- Biodeterioro.	83
2.5- Deposición de partículas y contaminación ambiental.	87
2.5.1.- Efecto de gradientes termohigrométricos desfavorables. Mecanismos de deposición de contaminantes sobre superficies.	87
2.5.2.- Partículas y contaminación ambiental.	90
2.6.- Normativa específica para conservación preventiva.	95
2.6.1.- Norma UNE-EN 15757:2011. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.	96
2.6.2.- Norma UNI 10829:1999: Beni di interesse storico e artistico Condizioni ambientali di conservazione Misurazione ed analisi.	100
2.6.3.- ASHRAE.	103
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES. OTROS ESTUDIOS.	111
3.1.- La Capilla Sixtina.	112
3.1.1.- La Capilla.	112
3.1.2.- Proyecto de restauración.	114
3.1.3.- Investigaciones previas.	116
3.1.4.- Sistema de climatización.	119
3.2.- Ermita de Santa María Magdalena del Castell Vell.	124
3.2.1.- La Ermita.	124
3.2.2.- Campaña de medidas.	125
3.2.3.- Fase de recogida de datos ambientales.	128
3.2.4.- Fase de recogida de datos humedad en materiales.	135
3.3.- La Catedral Metropolitana de Valencia.	139
3.3.1.- Introducción.	139
3.3.2.- La Catedral.	139
3.3.3.- Capilla de San Francisco de Borja de la Catedral de Valencia.	141
3.3.4.- Capilla de San Miguel Arcángel de la Catedral de Valencia.	149
3.4.- La Iglesia de San Juan del Hospital.	157
3.4.1.- Introducción.	157
3.4.2.- Iglesia de San Juan del Hospital.	157
3.4.3.- Capilla de San Miguel Arcángel.	158

3.4.4.- Capilla de Santa Bárbara.....	164
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS DE VALENCIA.....	171
4.1.- Estudios previos e intervención. 1994-1995.....	173
4.1.1.- Introducción.	173
4.1.3.- Estrategia de Conservación Preventiva en el proyecto.	179
4.1.4.- El conjunto patrimonial de la Basílica.	181
4.1.4.1.- Descripción del edificio.....	182
4.1.4.2.- Estado de conservación-restauración de la pintura mural y caballete.	187
4.1.4.3.- Estudio físico-químico de las restauraciones.	189
4.2.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Periodo 1994-1995.	191
4.2.1.- Objetivos de la investigación microclimática.	193
4.2.2.-Ubicación de sensores.....	195
4.2.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.....	208
4.2.4.- Resultado de la campaña de medidas. 1994-1995.....	214
4.2.4.1.- Fichas resumen de resultados.....	214
4.2.4.2.- Análisis sección de cúpulas.....	224
4.2.4.3.- Efectos de asistencia de visitantes.	227
4.2.4.4.- Análisis talleres de restauración.	235
4.2.4.5.- Análisis termográfico.	238
4.2.5.- Conclusiones.....	241
4.2.6.- Propuesta de acciones.....	242
4.2.6.1.-Condicionantes y soluciones posibles.	243
4.2.6.2.- Condiciones en temporada estival. Psicrométrico A.....	246
4.2.6.3.- Condiciones en temporada invernal. Psicrométrico B.....	247
4.2.6.4.- Propuesta básica de climatización.....	248
4.3.- Análisis específico en modelo escala 1:1 de cúpulas. Basílica de la Virgen de Valencia. ...	251
4.3.1- Introducción	251
4.3.2- Equipos utilizados y descripción de ensayos	253
4.3.3.- Conclusiones.....	260
4.3.4- Mediciones de humedad en materiales.	261
4.3.5.- Cálculo del coeficiente de transmisión de calor de la cubierta.	264
4.4.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Año 2000.....	268
4.4.1.- Caracterización ambiental.	269

4.4.2.- Análisis de riesgos ambientales.	281
4.4.3.- Estudios de contaminación ambiental y microbiológica.....	299
4.5.- Conclusiones generales.....	303
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR.	309
5.1.- Introducción.	311
5.2.- Ficha técnica del equipo de intervención.	313
5.3.- El conjunto histórico de la Iglesia de San Nicolás. Estudios previos.....	314
5.3.1.- Descripción del edificio.....	314
5.3.2.- Estado de conservación y diagnóstico.	321
5.3.3.- Contaminación microbiológica y partículas.	324
5.3.4.- Estudio Termohigrométrico.....	325
5.3.5.- Estudio físico-químico.	326
5.3.6.- Fases de la intervención general.....	327
5.3.7.- Intervención arquitectónica general.	328
5.4.- Análisis termo-higrométrico de Iglesia de San Nicolás. 2014-2015.....	331
5.4.1.- Objetivos de la investigación microclimática.	331
5.4.2.- Ubicación de sensores.....	331
5.4.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.....	338
5.4.4.- Resumen de resultado de campaña de medidas.	352
5.4.4.1.- Caracterización anual.	359
5.4.4.2.- Caracterización estacional.	365
5.4.4.3.- Caracterización de las fluctuaciones breves.	367
5.4.4.4.- Caracterización clima externo y su relación con las fluctuaciones interiores.	376
5.5.- Análisis de riesgos ambientales.	385
5.5.1.- Biodeterioro.	385
5.5.2.- Deposición de partículas y condensación.....	389
5.5.3.- Riesgos de cristalización/hidratación de sales solubles.....	392
5.5.4.- Aplicación de normativa específica.....	398
5.5.4.1.- ASHRAE.	398
5.5.4.2.- Norma UNE-EN 15757:2011. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.....	401
5.5.4.3.- Norma UNI 10829:1999. Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazione ed analisi.....	409

5.6.- Resultados de estudios de contaminación ambiental y biológica.	411
CONCLUSIONES.	417
BIBLIOGRAFÍA.....	427
GLOSARIO DE TÉRMINOS	443
ANEXOS	457
ANEXO 1: Manuales de equipos de medición.....	459
ANEXO 2: Documentación Basílica de la Virgen.....	478
ANEXO 3: Documentación Iglesia de San Nicolás.	495
ANEXO 4: Documentación AEMET.	523

Índice figuras

FIGURA 1. DIAGRAMA DE RIESGOS SOBRE EL PATRIMONIO CULTURA. (DE GUICHEN, G. CONSERVACIÓN PREVENTIVA: ¿EN QUÉ PUNTO NOS ENCONTRAMOS EN 2013?. PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA, 7, 2013.).....	4
FIGURA 1.1. TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	26
FIGURA 1.2. FLUJOS DE ENERGÍA EN SISTEMAS TERMODINÁMICOS.....	26
FIGURA 1.3. RELACIÓN ENTRE ESCALAS DE TEMPERATURA.....	27
FIGURA 1.4. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO CON REPRESENTACIÓN DE PARÁMETROS.....	33
FIGURA 1.5. MEDICIÓN EN PSICRÓMETRO.....	34
FIGURA 1.6. PSICRÓMETRO.....	34
FIGURA 1.7. TEROHIGRÓGRAFO Y PLUMILLA SOBRE PAPEL MÉTRICO.....	38
FIGURA 1.8. TERMÓMETRO DE INFRARROJOS Y TABLA DE EMISIVIDAD DE DIFERENTES MATERIALES.....	39
FIGURA 1.9. TERMOHIGRÓMETRO ELECTRÓNICO.....	39
FIGURA 1.10. TERMOHIGRÓMETRO ELECTRÓNICO.....	39
FIGURA 1.11. MEDIDOR DE VELOCIDAD Y TEMPERATURA DE AIRE.....	40
FIGURA 1.12. MEDIDOR TEMPERATURA SUPERFICIAL A DISTANCIA.....	40
FIGURA 1.13. DATALOGGER OPUS10 CON SENSOR EXTERNO.....	41
FIGURA 1.14. DISPLAY CON FUNCIONES DEL EQUIPO.....	41
FIGURA 1.15. APARATO DE MEDIDA DE HUMEDADES EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, AQUA-BOY DBMI....	42
FIGURA 1.16. TERMÓMETRO VISUAL DE INFRARROJOS VT02.....	43
FIGURA 1.17. TOMA DE MEDICIÓN EN IGLESIA DE SAN NICOLÁS (CUBIERTA).....	43
FIGURA 1.18. TERMÓMETRO INFRARROJO TESTO 835H1.....	44
FIGURA 1.19. TOMA DE MEDICIÓN EN IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	44
FIGURA 1.20. DATALOGGER PORTÁTIL LOG32.....	45
FIGURA 1.21. DATALOGGER PORTÁTIL LOG32.....	45
FIGURA 1.22. EJEMPLO DE FICHAS RESUMEN DE DATOS ESTADÍSTICOS MENSUALES BASÍLICA DE LA VIRGEN 1994 (SUPERIOR) E IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	50
FIGURA 1.23. EJEMPLO DE FICHA RESUMEN DE DATOS ESTADÍSTICOS ANUALES CORRESPONDIENTE A UN SENSOR COMBINADO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	51
FIGURA 1.24. EJEMPLO DE GRÁFICA 3D DE LA TEMPERATURA EXTERIOR DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	52
FIGURA 1.25. EJEMPLO DE GRÁFICA 3D DE EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA INTERIOR DE LA BÓVEDA DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN A LO LARGO DE UN MES.....	52
FIGURA 1.26. EJEMPLO DE GRÁFICA DE EVOLUCIÓN. HUMEDAD ESPECÍFICA IGLESIA SAN NICOLÁS.....	53
FIGURA 1.27. EJEMPLO DE GRÁFICA DE NUBE DE PUNTOS.....	54
FIGURA 1.28. EJEMPLO DE MAPA TÉRMICO 2D.....	55
FIGURA 1.29. EJEMPLO DE HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS.....	56
FIGURA 1.30. EVOLUCIÓN ANUAL PROMEDIOS MENSUALES. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN. AÑOS 2000-2010. FUENTE AEMET.....	58
FIGURA 1.31. PERFIL TÉRMICO N-S DE VALENCIA Y ALREDEDORES, EL DÍA 13 DE FEBRERO DE 1989. EL EFECTO DE “ISLA TÉRMICA NOCTURNA” DE LA CIUDAD ES DE UNOS 8°C, DIFERENCIA ENTRE LOS 4°C DE LA PERIFERIA RURAL Y LOS CERCA DE 12°C DEL CENTRO DE LA CIUDAD. (PÉREZ CUEVA, 1994).....	60
FIGURA 1.32. SITUACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS ANALIZADOS Y ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE VIVEROS.....	61
FIGURA 1.33. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE EXTERIOR DE LA CIUDAD DE VALENCIA DEL PERIODO JUNIO14 – SEP15.....	62

FIGURA 1.34. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE LA CIUDAD DE VALENCIA DEL PERIODO 1981-2010	62
FIGURA 1.35. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA EXTERIOR DEL PERIODO MAYO14 – SEP15. VIVEROS Y UPV.....	63
FIGURA 1.36. EVOLUCIÓN DE HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR DEL PERIODO MAYO14 – SEP15. VIVEROS.....	63
FIGURA 1.37. PERFIL DE TEMPERATURAS CON ISLA DE CALOR. (J. MARTÍNEZ, 2014)	65
FIGURA 1.38. MAPA MUNDIAL DE RECORDS DE TEMPERATURAS EXTREMAS EN EL MES DE JULIO DE 2015.....	66
FIGURA 2.1. SECCIÓN DEL FRESCO MOSTRANDO LOS DIFERENTES ESTRATOS	72
FIGURA 2.2. ESTRATOS PICTÓRICOS EN EL FRESCO DE A. PALOMINO	73
FIGURA 2.3. DIAGRAMA DE JORNADAS (GIORNATA) DE LA PINTURA DE LA SIBILA CUMANA DE LA CAPILLA SIXTINA, E IMAGEN REAL	74
FIGURA 2.4. ESQUEMA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA Y DEL SUBSUELO A TRAVÉS DE MUROS DE EDIFICIOS. EJEMPLOS TOMADOS DEL PARLAMENTO DE OTTAWA (1889-1867), SEGÚN BLADES Y STEWART (EN ASHURST Y DIMES, 1990). A.G. CASCO 2007.....	75
FIGURA 2.5. EFLORESCENCIAS SALINAS EN SUPERFICIE DEL FRESCO. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	82
FIGURA 2.6. EJEMPLO DE GRÁFICA DE NUBE DE PUNTOS CON ZONA DE RIESGO BIOLÓGICO. AMBIENTE INTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	86
FIGURA 2.7. VELARIOS ELECTRÓNICOS EN LA BASÍLICA DE LA VIRGEN	93
FIGURA 2.8. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE NORMA UNE-EN 15757 DE UN CICLO ESTACIONAL EN LA CÚPULA DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	99
FIGURA 3.1. ANTIGUA CAPILLA MAGNA (ILUSTRACIÓN PIETRO DEL MASSAIO)	113
FIGURA 3.2. SITUACIÓN DE LA CAPILLA SIXTINA EN EL VATICANO.....	113
FIGURA 3.3. GRABADO DEL SIGLO XIX QUE MUESTRA EL POSIBLE ASPECTO DE LA CAPILLA SIXTINA A FINALES DEL SIGLO XV.....	113
FIGURA 3.4. EL RESTAURADOR GIANLUIGI COLALUCCI, EN 1993, LIMPIA LA CABEZA DE SAN BARTOLOMÉ EN UNA SECCIÓN DEL FRESCO DEL JUICIO FINAL DE MIGUEL ÁNGEL.....	116
FIGURA 3.5. VISTA GENERAL DE LA CAPILLA SIXTINA.....	116
FIGURA 3.6. DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE LA CAPILLA. INFLUENCIA DE APERTURA DE PUERTAS. (CAMUFFO, BERNARDI, 1995).....	118
FIGURA 3.7. EVOLUCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR DIRECTA SOBRE LAS PAREDES INTERIORES DE LA CAPILLA SIXTINA. (CAMUFFO, BERNARDI, 1995).....	119
FIGURA 3.8. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE SENSORES Y EQUIPOS Y DIAGRAMA DE FLUJOS DE AIRE. 1994	119
FIGURA 3.9. SITUACIÓN DE CLIMATIZADORES E IMPULSIÓN DE AIRE TRATADO. 2014	119
FIGURA 3.10. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE. IZQUIERDA SISTEMA PRECEDENTE (1994), DERECHA NUEVO SISTEMA (2014). (CARRIER)	121
FIGURA 3.11. DIFUSOR DE AIRE BAJO UNO DE LOS SEIS VENTANALES	122
FIGURA 3.12. SITUACIÓN DE DOS SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTAL.....	122
FIGURA 3.13. MODELO DE FLUJOS DE AIRE EN EL INTERIOR DE LA CAPILLA SIXTINA, (CARRIER)	123
FIGURA 3.14. IMAGEN EN CERÁMICA DE LA ERMITA DE SANTA MAGDALENA.....	124
FIGURA 3.15. VISTA GENERAL DE LA ERMITA DE LA MAGDALENA Y ENTRADA PRINCIPAL.....	125
FIGURA 3.16. SIMULACIÓN INFORMÁTICA DE UNA DE LAS CAPAS DE PINTURA DE LA ERMITA	126
FIGURA 3.17. MURO CON LAS PINTURAS GÓTICAS	127
FIGURA 3.18. ASPECTO INTERIOR DE LA ERMITA, CON ANDAMIO PARA TRABAJOS DE RESTAURACIÓN	127
FIGURA 3.19. DETALLE DE LA CRUZ GÓTICA SOBRE EL MURO ESTE.	127
FIGURA 3.20. PLANO DE PLANTA DEL INTERIOR DE LA ERMITA DE LA MAGDALENA. SITUACIÓN DE MUROS INTERIORES.....	129

FIGURA 3.21. MEDICIONES DE HUMEDAD EN MATERIALES EN MUROS DELA ERMITA.....	137
FIGURA 3.22. ESTADO ACTUAL DEL INTERIOR DE LA ERMITA DE LA MAGDALENA	138
FIGURA 3.23. SITUACIÓN CATEDRAL DE VALENCIA. (PLANO DE TOMÁS VICENTE TOSCA. 1738).....	140
FIGURA 3.24. EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE LA CATEDRAL DE VALENCIA. (A. ZARAGOZÁ).....	140
FIGURA 3.25. LADO IZQUIERDO CAPILLA.....	141
FIGURA 3.26. VISTA GENERAL CAPILLA.....	141
FIGURA 3.27. LADO DERECHO CAPILLA.....	141
FIGURA 3.28. LOCALIZACIÓN CAPILLA DE LOS BORJA EN LA CATEDRAL DE VALENCIA.....	143
FIGURA 3.29. ESQUEMA DE LA PLANTA DE LA CAPILLA DE LOS BORJA	143
FIGURA 3.30. EVOLUCIÓN AMBIENTE EXTERIOR EL DÍA 16/12/1995.....	145
FIGURA 3.31. EVOLUCIÓN AMBIENTE EXTERIOR LOS DÍAS 13 AL 18 DE DICIEMBRE DE 1995	145
FIGURA 3.32. LOCALIZACIÓN CAPILLA DE SAN MIGUEL ARCÁNGEL DE LA CATEDRAL DE VALENCIA	149
FIGURA 3.33. PASILLO DE ACCESO A LA CAPILLA DE SAN MIGUEL ARCÁNGEL	149
FIGURA 3.34. ESTADO DEL RETABLO ANTES DE RESTAURACIÓN.....	150
FIGURA 3.35. UBICACIÓN ACTUAL DEL RETABLO	150
FIGURA 3.36. SITUACIÓN DE DATALOGGER OPUS10.....	151
FIGURA 3.37. INSPECCIÓN DE ESTADO DEL BASTIDOR DEL RETABLO.....	151
FIGURA 3.38. EMPLAZAMIENTO DEFINITIVO DEL RETABLO EN LA CAPILLA DE SAN MIGUEL ARCÁNGEL. CATEDRAL DE VALENCIA	152
FIGURA 3.39. EVOLUCIÓN DEL AMBIENTE INTERIOR Y EXTERIOR DE LA CAPILLA DE SAN MIGUEL.	152
CATEDRAL DE VALENCIA. MARZO Y ABRIL DE 1997	152
FIGURA 3.40. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR DE LA CAPILLA. 1 DE ABRIL 1997	154
FIGURA 3.41. EVOLUCIÓN DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR DE LA CAPILLA. 1 DE ABRIL 1997.....	154
FIGURA 3.42. SITUACIÓN IGLESIA DE SAN JUAN DEL HOSPITAL. (PLANO DE VALENCIA TOMÁS VICENTE TOSCA, 1738)	157
FIGURA 3.43. PLANO PLANTA DEL CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL. SITUACIÓN DE CAPILLAS	158
FIGURA 3.44. ESTADO FINAL DE RESTAURACIÓN DE PINTURAS MURALES. IGLESIA SAN JUAN DEL HOSPITAL	159
FIGURA 3.45. SITUACIÓN DE TERMO-HIGRÓGRAFO Y PAÑOS. CAPILLA SAN MIGUEL. IGLESIA DE SAN JUAN DEL HOSPITAL	160
FIGURA 3.46. EVOLUCIÓN TEMPERATURA Y HR EXTERIOR (PLZA. VIRGEN) NOVIEMBRE 1996.....	162
FIGURA 3.47. FICHA DE DATOS Y TOMA DE MEDIDAS DE HUMEDAD EN MATERIALES SOPORTE DE LAS PINTURAS .	163
FIGURA 3.48. FICHA Y TOMA DE MEDIDAS DE HUMEDAD EN MATERIALES SOPORTE DE LAS PINTURAS.....	163
FIGURA 3.49. CAPILLA DE SANTA BÁRBARA	164
FIGURA 3.50. SITUACIÓN DE TERMO-HIGRÓGRAFO	164
FIGURA 3.51. EVOLUCIÓN AMBIENTE EXTERIOR 1 AL 7 DE FEBRERO 1997	165
FIGURA 3.52. EVOLUCIÓN AMBIENTE EXTERIOR 1 Y 2 DE FEBRERO 1997	166
FIGURA 4.1. IMAGEN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS EN SU CAMARÍN.....	176
FIGURA 4.2. IMAGEN GENERAL DEL ALTAR DE LA VIRGEN Y PARTE DE LAS PINTURAS DE A. PALOMINO UNA VEZ FINALIZADA LA RESTAURACIÓN-REHABILITACIÓN DEL EDIFICIO.....	180
FIGURA 4.3. SITUACIÓN BASÍLICA DE LA VIRGEN. PLANO DE VALENCIA, TOMÁS VICENTE TOSCA (1738)	181
FIGURA 4.4. LOCALIZACIÓN DEL CONJUNTO DEL EDIFICIO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE VALENCIA Y FOTOGRAFÍA AÉREA CORRESPONDIENTE	182
FIGURA 4.5. PLANO DE PLANTA BASÍLICA, NIVEL DE TRIBUNAS.....	184
FIGURA 4.6. PLANO DE PLANTA BASÍLICA, NIVEL DE ACCESO	184

FIGURA 4.7. POSTAL REPRESENTANDO LA FACHADA DE LA BASÍLICA A LA PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN (HOY PLAZA DE LA VIRGEN). 1922.(COLECCIÓN PROPIA)	185
FIGURA 4.8. VISTA DESDE LOS DEAMBULATORIOS INFERIORES DEL CONJUNTO PICTÓRICO DE A. PAL	186
FIGURA 4.9. SENSORES DE Tª SUPERFICIAL SOBRE FRESCO A. PALOMINO. BASÍLICA.....	197
FIGURA 4.10. SENSOR Tª SUPERFICIAL SOBRE FRESCO DEL CAMARÍN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	197
FIGURA 4.11. SENSOR Tª SUPERFICIAL SOBRE FRESCO C. COMUNIÓN.	197
FIGURA 4.12. SENSOR Tª SUPERFICIAL ANTES Y DESPUÉS DE PEGADO SOBRE EL FRESCO DE A. PALOMINO BASÍLICA DE LA VIRGEN	198
FIGURA 4.13. SENSOR Tª Y HR EN C. COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	198
FIGURA 4.14. SENSOR Tª Y HR EN CÚPULA. BASÍLICA DE LA VIRGEN	198
FIGURA 4.15. SENSOR Tª Y HR EN SACRISTÍA. BASÍLICA DE LA VIRGEN	199
FIGURA 4.16. SENSOR Tª Y HR EXTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN	199
FIGURA 4.17. DETALLE PEGADO SOBRE FRESCO DE PALOMINO DE SENSORES DE TEMPERATURA PT100	200
FIGURA 4.18. DETALLES DE MONTAJE DE SENSORES EN CUBIERTA DE TEJAS Y EN CÚPULA PRINCIPAL	200
FIGURA 4.19. RED DE CABLEADO INTERIOR PARA CONEXIÓN DE GRUPO DE SENSORES BASÍLICA DE LA VIRGEN....	201
FIGURA 4.20. RED DE CABLEADO EXTERIOR PARA CONEXIÓN DE GRUPO DE SENSORES. BASÍLICA DE LA VIRGEN ..	202
FIGURA 4.21. PLANO SITUACIÓN DE SENSORES. CAMARÍN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	202
FIGURA 4.22. PLANTILLA DE TOMA DE DATOS PUNTUALES DE CÚPULA PRINCIPAL. SITUACIÓN DE SENSORES.....	205
FIGURA 4.23. SITUACIÓN DE SENSORES. SECCIÓN LONGITUDINAL ESTE	206
FIGURA 4.24. SITUACIÓN DE SENSORES. SECCIÓN TRANSVERSAL NORTE.....	206
FIGURA 4.25. SITUACIÓN DE SENSORES. PLANTA NIVEL CAMARÍN.....	207
FIGURA 4.26. PLANO SITUACIÓN DE SENSORES. PLANTA NIVEL TRIBUNAS. BASÍLICA DE LA VIRGEN	207
FIGURA 4.27. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TARJETAS ESTÁNDAR DE ENTRADA. UL100	208
FIGURA 4.28. SISTEMA UL-100. BASÍLICA	209
FIGURA 4.29. OPERACIÓN DEL SISTEMA. BASÍLICA	209
FIGURA 4.30. PLAN DE SEGUIMIENTO, ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	209
FIGURA 4.31. TARJETA DE LECTURA DE SENSORES DE TEMPERATURA PT-100.....	209
FIGURA 4.32. PANTALLA DEL MENÚ DEL PROGRAMA DE TELEGESTIÓN DE DATOS.....	210
FIGURA 4.33. REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE DATOS DE TEMPERATURA EN BÓVEDA. ABRIL 1994.....	212
FIGURA 4.34. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDIAS-MÁXIMAS-MÍNIMAS DIARIAS. CANAL 38-48	216
FIGURA 4.35. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDIAS-MÁXIMAS-MÍNIMAS DIARIAS. CANAL 39-49	217
FIGURA 4.36. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDIAS-MÁXIMAS-MÍNIMAS DIARIAS. CANAL 34-44	219
FIGURA 4.37. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDIAS-MÁXIMAS-MÍNIMAS DIARIAS. CANAL 37-47	221
FIGURA 4.38. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDIAS-MÁXIMAS-MÍNIMAS DIARIAS. CANAL 25-57	223
FIGURA 4.39. SECCIÓN CONSTRUCTIVA DE CÚPULAS Y DETALLE DE SITUACIÓN DE SENSORES. BASÍLICA DE LA VIRGEN	224
FIGURA 4.40. EVOLUCIÓN DE Tª EN SECCIÓN DE CÚPULAS. AGOSTO 1994.....	226
FIGURA 4.41. EVOLUCIÓN DE Tª EN SECCIÓN DE CÚPULAS. NOVIEMBRE 1994	226
FIGURA 4.42. EVOLUCIÓN DE Tª EN SECCIÓN DE CÚPULAS. ENERO 1994.....	226
FIGURA 4.43. HORARIO HABITUAL DE OFICIOS EN LA BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	227
FIGURA 4.44. ESPACIO CENTRAL DE LA BASÍLICA DESPUÉS DE LA DESCOBERTA	229
FIGURA 4.45. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA EXTERIOR E INTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN. 7-8 MAYO 1994 ..	229
FIGURA 4.46. EVOLUCIÓN DE HUMEDAD ESPECÍFICA EXTERIOR E INTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN.7-8 MAYO 1994	230

FIGURA 4.47. MAPA TÉRMICO CORRESPONDIENTE A LA TEMPERATURA DE LA NAVE CENTRAL. BASÍLICA DE LA VIRGEN. MAYO DE 1994	231
FIGURA 4.48. HOJA DIARIA DE OCUPACIÓN, ILUMINACIÓN Y FOCOS DE CALOR Y CONTAMINACIÓN	232
FIGURA 4.49. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE INFORMACIÓN DE HOJA DE TOMA DE DATOS	232
FIGURA 4.50. EVOLUCIÓN T ^a Y HR EN TALLER DE RESTAURACIÓN DE PINTURA DE CABALLETE. JULIO 1998.....	236
FIGURA 4.51. EVOLUCIÓN T ^a Y HR EN TALLER DE RESTAURACIÓN DE DORADOS. JULIO 1998	236
FIGURA 4.52. EVOLUCIÓN T ^a Y HR EN TALLER DE RESTAURACIÓN DE PINTURA DE CABALLETE. ENERO 1999	237
FIGURA 4.53. EVOLUCIÓN T ^a Y HR EN TALLER DE RESTAURACIÓN DE DORADOS. ENERO 1999	237
FIGURA 4.54. CÁMARA DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA THERMOVISION INFRARED SYSTEMS 470	238
FIGURA 4.55. LECTURA DE IMAGEN TERMOGRÁFICA DE LA CÚPULA PRINCIPAL	238
FIGURA 4.56. TERMOGRAFÍA CUPULÍN DEL CAMARÍN. BASÍLICA	239
FIGURA 4.57. FUNCIONAMIENTO CÁMARA TERMOGRÁFICA	239
FIGURA 4.58. MAPA TÉRMICO DE DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS SOBRE SUPERFICIE TEJAS.....	240
FIGURA 4.59. DIAGRAMA DE TRATAMIENTO Y DIFUSIÓN DE AIRE EN CÚPULA PRINCIPAL. BASÍLICA	245
FIGURA 4.60. CÁLCULO DE CONDICIONES DE IMPULSIÓN DE AIRE EN PERIODO ESTIVAL. BASÍLICA DE LA VIRGEN .	246
FIGURA 4.61. CÁLCULO DE CONDICIONES DE IMPULSIÓN DE AIRE EN PERIODO ESTIVAL. BASÍLICA DE LA VIRGEN .	247
FIGURA 4.62. VISIÓN DE PARTE DEL AISLAMIENTO TÉRMICO Y SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	253
FIGURA 4.63. ORDENADOR DE CONTROL DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL EQUIPO DEL DPTO. TERMODINÁMICA.....	253
FIGURA 4.65. SITUACIÓN Y NUMERACIÓN DE PUNTOS DE MONITORIZACIÓN EN EL MODELO 1:1. SECCIÓN LONGITUDINAL	255
FIGURA 4.66. SITUACIÓN DE SENSORES EN MODELO 1:1. BASÍLICA DE LA VIRGEN	255
FIGURA 4.67. EVOLUCIÓN PRIMERA FASE ESTUDIO MODELO 1:1. BASÍLICA DE LA VIRGEN	257
FIGURA 4.68. EVOLUCIÓN DE EN TIEMPO DE LAS TRES FASES, DESDE EL 18 DE MAYO AL 12 DE JUNIO DEL AÑO 2000. ENSAYO MODELO 1:1. BASÍLICA DE LA VIRGEN	259
FIGURA 4.69. INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN DE HUMEDAD EN MATERIALES.....	261
FIGURA 4.70. ELEMENTO SENSOR POR PENETRACIÓN EN SUPERFICIE.....	261
FIGURA 4.71. TOMA DE MEDIDAS EN PINTURA MURAL. MODELO 1:1	262
FIGURA 4.72. DETALLE TOMA DE MEDIDAS SOBRE SUPERFICIE. MODELO 1:1	262
FIGURA 4.73. EJEMPLO DE FICHA DE TOMA DE DATOS DE HUMEDAD EMPLEADA. MODELO 1:1	263
FIGURA 4.74. DETALLE TOMA DE MEDIDAS SOBRE SUPERFICIE. MODELO 1:1	263
FIGURA 4.75. SECCIÓN CONSTRUCTIVA DE LA CUBIERTA EXISTENTE ANTES DE INTERVENCIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	266
FIGURA 4.76. SECCIÓN CONSTRUCTIVA DE LA CUBIERTA PROYECTADA. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	266
FIGURA 4.77. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR. AÑO 2000	270
FIGURA 4.78. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CÚPULA. AÑO 2000	271
FIGURA 4.79. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CAPILLA COMUNIÓN. AÑO 2000	271
FIGURA 4.80. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CAMARÍN VIRGEN. AÑO 2000.....	272
EN LAS PÁGINAS SIGUIENTES INCLUIMOS LA PLANTILLA RE	272
FIGURA 4.81. VALORES E INTERVALO REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR.....	283
PERCENTILES 93 ^o Y 7 ^o . BASÍLICA DE LA VIRGEN	283
FIGURA 4.82. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DE LA THERNADITA-MIRABILITA Y YESO. HR AMBIENTE CÚPULA CENTRO. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	285
FIGURA 4.83. EVOLUCIÓN TEMPERATURA Y HR AMBIENTALES. ZONAS DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. CÚPULA CENTRO. BASÍLICA DE LA VIRGEN	286

FIGURA 4.84. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 65% HR – 25°C. CÚPULA CENTRO. BASÍLICA DE LA VIRGEN	287
FIGURA 4.85. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 70% HR – 30°C. CÚPULA CENTRO. BASÍLICA DE LA VIRGEN	287
FIGURA 4.86. MÁXIMAS FLUCTUACIONES BREVES MENSUAL-DIARIA-HORARIA. LÍMITES GRADO B. ASHRAE. CÚPULA PRINCIPAL. BASÍLICA DE LA VIRGEN	288
FIGURA 4.87. LÍMITES DE GRADO C ASHRAE. HR Y T ^º INTERIOR CÚPULA CENTRO. BASÍLICA DE LA VIRGEN	289
FIGURA 4.88. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DE THERNADITA-MIRABILITA Y YESO. HR AMBIENTE CAPILLA COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	290
FIGURA 4.89. EVALUACIÓN DE RIESGO BIOLÓGICO. HR Y T ^º AMBIENTE CAPILLA COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	291
FIGURA 4.90. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 65% HR – 25°C. CAPILLA DE LA COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	292
FIGURA 4.91. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 70% HR – 30°C. CAPILLA DE LA COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	292
FIGURA 4.92. LÍMITES DE GRADO C ASHRAE. HR Y T ^º INTERIOR CAPILLA COMUNIÓN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	293
FIGURA 4.93. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DE THERNADITA-MIRABILITA Y YESO. HR AMBIENTE CAMARÍN VIRGEN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	294
FIGURA 4.94. EVALUACIÓN DE RIESGO BIOLÓGICO. HR AMBIENTE CAMARÍN VIRGEN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	295
FIGURA 4.95. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 65% HR – 25°C. AMBIENTE INTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN	296
FIGURA 4.96. LÍMITES DE GRADO C ASHRAE. HR Y T ^º INTERIOR CAMARÍN VIRGEN. BASÍLICA DE LA VIRGEN	297
FIGURA 4.97. ANÁLISIS RIESGO CONDENSACIÓN. CÚPULA, C. COMUNIÓN, CAMARÍN VIRGEN	298
BASÍLICA DE LA VIRGEN	298
FIGURA 4.98. DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN EL AMBIENTE INTERIOR.	300
BASÍLICA DE LA VIRGEN	300
FIGURA 4.99. CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN EL AMBIENTE DE LA CÚPULA. BASÍLICA DE LA VIRGEN	301
FIGURA 5.1. UBICACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS. PLANO DE VALENCIA DE LOS EDETANOS, VULGO DEL CID, REALIZADO POR TOMÁS VICENTE TOSCA (1738)	314
FIGURA 5.2. VISTA AÉREA IGLESIA DE SAN NICOLÁS	315
FIGURA 5.3. PLANO DE PLANTA DE IGLESIA DE SAN NICOLÁS. SITUACIÓN Y NOMBRE DE CAPILLAS	316
FIGURA 5.4. SUPUESTAS FIGURAS DE A. ANTONIO PALOMINO Y DE DIONÍS VIDAL. CLICHÉ Nº V-541, REFERENCIA FOTO SANCHÍS DEL ARXIU GRÀFIC DE LA CONSELLERIA DE EDUCACIÓN, C Y D	317
FIGURA 5.5. VISTA PARCIAL DE LA BÓVEDA PINTADA. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	318
FIGURA 5.6. VISTA PARCIAL DE LA BÓVEDA PINTADA. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	319
FIGURA 5.7. PORTADA Y ROSETÓN DE FACHADA PRINCIPAL. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	320
FIGURA 5.8. ALZADO NORTE Y OESTE (FACHADA PRINCIPAL). IGLESIA SAN NICOLÁS. (FUENTE ARQ. CARLOS CAMPOS)	320
FIGURA 5.9. ZONAS DE AFECTACIÓN DE HUMEDADES EN BÓVEDA. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	322
FIGURA 5.10. ZONAS DE AFECTACIÓN DE HUMEDADES EN LOS LUNETOS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	322
FIGURA 5.11. FILTRACIONES DE AGUA POR GRIETAS, CAPILARIDAD DESCENDENTE Y LATERAL EN LOS LUNETOS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	323
FIGURA 5.12. ESTADO DE SUPERFICIE PICTÓRICA DURANTE EL PROCESO DE LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN	325
FIGURA 5.13. VISTA GENERAL DE LA CUBIERTA DE TEJAS DE LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS	328

FIGURA 5.14. INTERVENCIÓN EN CUBIERTA. REFUERZO E IMPERMEABILIZACIÓN DEL TRASDÓS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	329
FIGURA 5.15 .GRIETA ENTRE MURO Y PLEMENTERÍA DEL LUNETO 6.....	330
FIGURA 5.16 .REPARACIÓN DE GRIETA SOBRE PINTURA MURAL. ESPACIO 6-7.....	330
FIGURA 5.17. PERSPECTIVA GENERAL DE LA BÓVEDA DE LA NAVE CENTRAL. ANDAMIOS AL FONDO. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	330
FIGURA 5.18. SITUACIÓN DE SENSORES. ALZADO NORTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	335
FIGURA 5.19. SITUACIÓN DE SENSORES. ALZADO SUR INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	336
FIGURA 5.20. SITUACIÓN DE SENSORES. ALZADO ESTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	336
FIGURA 5.21. SITUACIÓN DE SENSORES. ALZADO OESTE EXTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	337
FIGURA 5.22. SITUACIÓN DE SENSORES. PLANTA CENITAL. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	337
FIGURA 5.23. SITUACIÓN DE SENSORES. FRESCO BÓVEDA PRINCIPAL. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	338
FIGURA 5.24. INSTALACIÓN DE CENTRALITA DE CONTROL.....	339
FIGURA 5.25. CABLEADO DE CONTROL SOBRE CORNISA.....	340
FIGURA 5.26. CAJA DE CONEXIÓN DE LÍNEA BUS SOBRE CORNISA	340
FIGURA 5.27. PLANO CONEXIONES DE PLACA BUS.....	340
FIGURA 5.28. EJEMPLO CONEXIÓN Sonda COMBINADA T ^a - HR	340
FIGURA 5.29.TABLA LINEAL DE CORRESPONDENCIA VOLTAJE-VALOR MEDICIÓN. SENSOR STHB-5.....	342
FIGURA 5.30. SENSOR STHB-5 EN CAMPO. ZONA CENTRAL DE LA BÓVEDA.TH4	342
FIGURA 5.31.TABLA LINEAL DE CORRESPONDENCIA VOLTAJE-VALOR MEDICIÓN STHX-10.....	343
FIGURA 5.32. SENSOR STHX-10 EN CAMPO. TH1	343
FIGURA 5.33. SENSOR DE T ^a AMBIENTE SOBRE CUBIERTA EXTERIOR. T2.....	344
FIGURA 5.34. ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA SENSORES DE T ^a PASIVOS	344
FIGURA 5.35. UBICACIÓN DE CENTRALITA DE CONTROL.....	344
FIGURA 5.36. DIAGRAMA DE CONEXIÓN REMOTA	344
FIGURA 5.37. SITUACIÓN DE SENSOR DE T ^a SUPERFICIAL SOBRE FRESCO. T5	345
FIGURA 5.38. SITUACIÓN DE SENSOR DE T ^a SUPERFICIAL SOBRE FRESCO. T6.....	345
FIGURA 5.39. SENSOR T1. TEMPERATURA SUPERFICIE TEJAS	346
FIGURA 5.40. AJUSTE SENSOR T1. TEMPERATURA SUPERFICIE TEJAS	346
FIGURA 5.41. AJUSTE SENSOR T2. TEMPERATURA	346
FIGURA 5.42. AJUSTE SENSOR TH1	346
FIGURA 5.43. PASILLO ENTRE LA CÚPULA Y LA CUBIERTA	347
FIGURA 5.44. SENSOR TH2 DE T ^a -HR, PASILLO TRASDÓS BÓVEDA.....	347
FIGURA 5.45. TOMA DE MEDIDAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL Y HUMEDAD EN ZONAS DE TRABAJO	347
FIGURA 5.46. PANTALLA DE INICIO CON ACCESO A LAS DIFERENTES OPCIONES DEL PROGRAMA DE CONTROL	348
FIGURA 5.47. PANTALLA RESIDENTE CON PLANO DE SITUACIÓN DE SENSORES	349
FIGURA 5.48. PANTALLA DE VISUALIZADOR DE HISTÓRICOS DE GRAFICAS DE EVOLUCIÓN DE SENSORES.....	350
FIGURA 5.49. VARIAS PANTALLAS CON MENÚS DESPLEGABLES DEL SISTEMA CENTRALIZADO	351
FIGURA 5.50. LISTADO DE PUNTOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN, CON INDICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CADA PUNTO Y CONEXIONES LIBRES	351
FIGURA 5.51. EJEMPLO DE PARTE DE TABLA DE CÁLCULO INICIAL ANTES DE PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	354
FIGURA 5.52. DESCRIPCIÓN DE CAMPOS DE TABLA ESTADÍSTICA-RESUMEN MENSUAL	354
FIGURA 5.53. EJEMPLO DE TABLA ESTADÍSTICA-RESUMEN MENSUAL. SENSOR TH4-T. MES ABRIL 2015.....	355
FIGURA 5.54. EJEMPLO DE TABLA ESTADÍSTICA-RESUMEN MENSUAL. SENSOR TH4-HR. MES JULIO 2015	356
FIGURA 5.55. EJEMPLO DE FICHA DE TOMA DE DATOS MANUAL. ALZADOS INTERIORES, IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	357

FIGURA 5.56. EJEMPLO DE FICHA DE TOMA DE DATOS MANUAL. PINTURAS BÓVEDA, IGLESIA DE SAN NICOLÁS ..	358
FIGURA 5.57. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR E INTERIOR. PERIODO MAYO 2104 – SEPTIEMBRE 2015	360
FIGURA 5.58. EVOLUCIÓN ANUAL DE VALORES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS MENSUALES. SENSOR TH4	361
FIGURA 5.59. EVOLUCIÓN HORARIA DE VALORES MEDIOS ANUALES DE HUMEDAD ESP. SENSOR TH4.....	361
FIGURA 5.60. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL AMBIENTE NAVE CENTRAL. OCT14-SEP15	364
FIGURA 5.61. EVOLUCIÓN HORARIA DE VALORES MEDIOS DE PRIMAVERA Y OTOÑO	365
FIGURA 5.62. EVOLUCIÓN HORARIA DE VALORES MEDIOS DE INVIERNO Y VERANO	366
FIGURA 5.63. HORARIO HABITUAL DE LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS	370
FIGURA 5.64. HORARIO ESPECIAL DE SAN NICOLÁS, DEBIDO A LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN	370
FIGURA 5.65. EVOLUCIÓN DE HUMEDAD ESPECÍFICA INTERIOR-EXTERIOR, LUNES 12/01/15 Y MARTES 13/01/15	371
FIGURA 5.66. AFLUENCIA DE FELIGRESES. LUNES DE SAN NICOLÁS. APROXIMADAMENTE 450 PERS/ H.....	372
FIGURA 5.67. EVOLUCIÓN DE HUMEDAD ESPECÍFICA INTERIOR-EXTERIOR, LUNES 13/07/15 Y 16/03/15	373
FIGURA 5.68. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA INTERIOR-EXTERIOR, LUNES 11/05/15 Y 14/05/15	374
FIGURA 5.69. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD ESPECÍFICA ENTRE EL EXTERIOR, EL TRASDÓS DE LA BÓVEDA Y EL AMBIENTE INTERIOR, EN MESES DEL PERIODO PRIMAVERAL Y ESTIVAL.....	375
FIGURA 5.70. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA ENTRE EL EXTERIOR, EL TRASDÓS DE LA BÓVEDA, EL AMBIENTE INTERIOR Y SUPERFICIE DE LOS FRESCOS.....	376
FIGURA 5.71. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA ENTRE EL EXTERIOR, EL TRASDÓS DE LA BÓVEDA, EL AMBIENTE INTERIOR Y SUPERFICIE DE LOS FRESCOS. MARZO-ABRIL Y 6-12 JULIO 2015	377
FIGURA 5.72. EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS VALORES MEDIOS ANUALES. Tª Y HR EXTERIOR	378
FIGURA 5.73. EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS VALORES MEDIOS ANUALES. Tª Y HR INTERIOR. SENSOR TH4.....	379
FIGURA 5.74. EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS VALORES MEDIOS ANUALES. Tª SUPERFICIALES MUROS Y PILASTRAS. SENSOR T7, T8, T9.....	380
FIGURA 5.75. MAPA TÉRMICO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA Y DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS TEMPERATURAS. OLA DE CALOR 14 MAYO 2015.....	381
FIGURA 5.76. TEMPERATURA MEDIA ESTIMADA Y REAL. COMUNIDAD VALENCIANA. MAYO Y JULIO 2015. (FUENTE AEMET).....	382
FIGURA 5.77. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA ENTRE EL EXTERIOR Y EL AMBIENTE INTERIOR. MAYO 2015	383
FIGURA 5.78. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA ENTRE EL EXTERIOR, EL TRASDÓS DE LA BÓVEDA, EL AMBIENTE INTERIOR Y SUPERFICIE DE LOS FRESCOS. MAYO 2015.....	383
FIGURA 5.79. EVOLUCIÓN DE TEMPERATURAS AMBIENTE EXTERNO-INTERNO. MES DE JULIO 2015.....	384
FIGURA 5.80. EVOLUCIÓN TEMPERATURA Y HR AMBIENTALES. ZONAS DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	386
FIGURA 5.81. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. 65% HR – 25°C.	387
FIGURA 5.82. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. >65% HR, >25°C. AMBIENTE EXTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	387
FIGURA 5.83. PORCENTAJE TEMPORAL DE RIESGO DE CRECIMIENTO BIOLÓGICO. >70% HR, > 30°C. AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	388
FIGURA 5.84. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA Tª AMBIENTE, SUPERFICIAL DEL FRESCO Y DEL PUNTO DE ROCÍO. SENSOR TH4. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	390
FIGURA 5.85. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA Tª AMBIENTE, SUPERFICIAL DEL FRESCO Y DEL PUNTO DE ROCÍO. SENSOR TH3. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	390

FIGURA 5.86. COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA Tª AMBIENTE, SUPERFICIAL DEL FRESCO Y DEL PUNTO DE ROCÍO. MAYO 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	391
FIGURA 5.87. FICHA DE ANÁLISIS DE EFLORESCENCIAS. MUESTRA M39.....	392
FIGURA 5.88. FICHA DE ANÁLISIS DE EFLORESCENCIAS. MUESTRA M42.....	392
FIGURA 5.89. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DE LA HALITA. HR AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	394
FIGURA 5.90. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DE LA TERNADITA-MIRABILITA. HR AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	395
FIGURA 5.91. EVALUACIÓN DE RIESGO DE TRANSICIÓN DE FASE DEL YESO. HR AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	396
FIGURA 5.92. FLUCTUACIONES DE HR ($\pm 2.5\%$) EN EL RANGO 65-75%. HR AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	396
FIGURA 5.93. MÁXIMAS FLUCTUACIONES BREVES MENSUAL-DIARIA-HORARIA. LÍMITES GRADO B. ASHRAE. AMBIENTE INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	399
FIGURA 5.94. LÍMITES DE GRADO C ASHRAE. HR Y Tª INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	400
FIGURA 5.95. MÁXIMAS FLUCTUACIONES BREVES MENSUAL-DIARIA-HORARIA. LÍMITES GRADO B. ASHRAE. AMBIENTE EXTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	400
FIGURA 5.96. HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR CON MEDIA MÓVIL (MA) Y MEDIA. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	402
FIGURA 5.97. VALORES DE REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 93º Y 7º. NORMA UNE-EN 15757. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	403
FIGURA 5.98. VALORES DE REFERENCIA DE TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 93º Y 7º. NORMA UNE-EN 15757. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	404
FIGURA 5.99. INTERVALOS DE REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 93º Y 7º. NORMA UNE-EN 15757	405
FIGURA 5.100. INTERVALOS DE REFERENCIA DE TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 93º Y 7º. NORMA UNE-EN 15757	405
FIGURA 5.101. VALORES DE REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 95º Y 5º. SOBRE MEDIA MÓVIL 10 DÍAS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	407
FIGURA 5.102. INTERVALO DE REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR. PERCENTILES 95º Y 5º. SOBRE MEDIA MÓVIL 10 DÍAS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	408
FIGURA 5.103. INTERVALOS DE REFERENCIA DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE INTERIOR. NORMA UNI	410
FIGURA 5.104. PLANO DE INSTALACIÓN DE SENSORES Y LOCALIZACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS DE AIRE. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	411
FIGURA 5.105. VALORES PROMEDIO DE MICROORGANISMOS AISLADOS. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.....	412
FIGURA 5.106. VALORES PROMEDIO DE PM. COMPARACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR, Y SEGÚN NIVELES DE ANDAMIO EN EL INTERIOR. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	415

Índice tablas

TABLA 1.1. CARACTERÍSTICAS DE TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA.	29
TABLA 1.2. GASES QUE COMPONEN EL AIRE EN LA ATMÓSFERA. FUENTE ASHRAE.	32
TABLA 1.3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE PARÁMETROS PSICROMÉTRICOS DE VARIOS VALORES.	36
TABLA 1.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DATALOGGER PORTÁTIL LOG32	45
TABLA 2.1. SALES SOLUBLES PRESENTES COMO EFLORESCENCIAS Y SUBEFLORESCENCIAS EN EDIFICIO (WINKLER, 1973, Y ARNOLD Y ZEHNDER, 1990)	78
TABLA 2.2. HUMEDADES RELATIVAS DEL AIRE EN EQUILIBRIO CON SOLUCIONES SATURADAS DE DISTINTAS SALES (ARNOLD Y ZEHNDER, 1990).....	81
TABLA 2.3. NIVELES DE REFERENCIA DE CALIDAD DE AIRE. (BLADES ET AL., 2000)	94
TABLA 2.4. VALORES DE REFERENCIA RECOMENDADOS PARA BIC. NORMA UNI 10829:1999	101
TABLA 2.5. TABLA DE MÁXIMAS FLUCTUACIONES Y GRADIENTES PERMITIDOS PARA T ^a Y HR, SEGÚN LOS GRADOS ASHRAE. (FUENTE ASHRAE)	107
TABLA 3.1. DATOS AMBIENTALES TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA. ERMITA DE SANTA MAGDALENA	133
TABLA 3.2. DATOS AMBIENTALES TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA. ERMITA DE SANTA MAGDALENA	134
TABLA 3.3. CALCULO DE VARIABLES PSICROMÉTRICAS DEL AMBIENTE INTERIOR Y EXTERIOR. CAPILLA DE LOS BORJA	148
TABLA 3.4. TABLA ESTADÍSTICA RESUMEN DE EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA. MES DE ABRIL 1997.....	155
TABLA 3.5. TABLA ESTADÍSTICA RESUMEN DE EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA. MES DE ABRIL 1997.....	156
TABLA 4.1. LISTADO SENSORES EN FUNCIONAMIENTO AÑO 1994	204
TABLA 4.2. REPRESENTACIÓN DE DATOS MENSUALES CON ESTADÍSTICA BÁSICA.	212
TABLA 4.3. CANTIDADES DE DATOS OBTENIDOS EN CADA AÑO DE FUNCIONAMIENTO	213
TABLA 4.4. EJEMPLO DE RESUMEN ESTADÍSTICO DE DATOS. TOTALIDAD DE SENSORES. SEPTIEMBRE 1994.	214
TABLA 4.5. RESUMEN VALORES MEDIOS-MÁXIMOS-MÍNIMOS MENSUALES. CH38-38. ZONA CÚPULA. BASÍLICA DE LA VIRGEN.	217
TABLA 4.6. RESUMEN VALORES MEDIOS-MÁXIMOS-MÍNIMOS MENSUALES. CH34-44.	219
TABLA 4.7. RESUMEN VALORES MEDIOS-MÁXIMOS-MÍNIMOS MENSUALES. CH37-47	221
TABLA 4.8. RESUMEN VALORES MEDIOS-MÁXIMOS-MÍNIMOS MENSUALES. CH37-47.	223
TABLA 4.9. TABLA RESUMEN ESTADÍSTICA SENSOR CH44. MAYO 1994. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	233
TABLA 4.10. TABLA RESUMEN ESTADÍSTICA SENSOR CH34. MAYO 1994. BASÍLICA DE LA VIRGEN.....	234
TABLA 4.11. CÁLCULO DE COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSMISIÓN DE CALOR CUBIERTA EXISTENTE	267
TABLA 4.12. CÁLCULO DE COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSMISIÓN DE CALOR CUBIERTA PROYECTADA.....	267
TABLA 4.13. DATOS OBTENIDOS EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MEDIDA ENTRE 1993 Y 2000.....	268
TABLA 4.14. LISTADO DE SENSORES OPERATIVOS EN LA BASÍLICA DE LA VIRGEN EN EL AÑO 2000	269
TABLA 4.15. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH38-48.....	273
TABLA 4.16. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH37-47	274
TABLA 4.17. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH33-43.....	275
TABLA 4.18. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH27-25	276
TABLA 4.19. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH56-14.....	277
TABLA 4.20. RESUMEN DATOS ESTADÍSTICOS Y GRÁFICAS CORRESPONDIENTES. CH11-12	278
TABLA 4.21. ESTADÍSTICA ANUAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN AMBIENTE CÚPULA.	279
TABLA 4.22. OSCILACIONES MENSUALES, DIARIAS Y HORARIAS DE TEMPERATURA EN VARIAS ZONAS.	280
TABLA 4.23. OSCILACIONES MENSUALES, DIARIAS Y HORARIAS DE LOS PARÁMETROS DE HUMEDAD RELATIVA EN VARIAS ZONAS DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN	280

TABLA 4.24. RECUENTO BIOLÓGICO EN EL AMBIENTE EXTERIOR. BASÍLICA DE LA VIRGEN	302
TABLA 5.1. LISTADO SENSORES EN FUNCIONAMIENTO Y SITUACIÓN, AÑO 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS	334
TABLA 5.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN AMBIENTE NAVE CENTRAL ...	359
TABLA 5.3. ESTADÍSTICA ANUAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN AMBIENTE NAVE CENTRAL	363
TABLA 5.4. LISTADO DE SENSORES EMPLEADOS EN ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA FLUCTUACIONES BREVES.....	367
TABLA 5.5. OSCILACIONES MENSUALES, DIARIAS Y HORARIAS DE LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA MEDIDOS POR LOS SENSORES TH1, TH3, TH4, T5 Y T6. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.	368
TABLA 5.6. OSCILACIONES MENSUALES, DIARIAS Y HORARIAS DE LOS PARÁMETROS DE HUMEDAD RELATIVA MEDIDOS POR LOS SENSORES TH1, TH3 Y TH4. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.	369
TABLA 5.7. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE EXTERIOR	376

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

El patrimonio cultural es muy frágil. Los componentes físicos y tangibles de este patrimonio se ven amenazados por los demolidores estragos de las guerras y las catástrofes naturales o por los efectos, más silenciosos, de la contaminación, los insectos, las condiciones meteorológicas o los actos aislados de vandalismo. La Conservación Preventiva reduce estos riesgos y aminora el ritmo de deterioro de colecciones enteras y, por ello, es pieza fundamental de toda estrategia de conservación y un medio eficaz y económico de preservar la integridad del patrimonio cultural, reduciendo la necesidad de una intervención adicional sobre los objetos por separado.

Resolución de la Reunión de Vantaa. Hacia una estrategia sobre Conservación Preventiva. (21-22 septiembre 2000).

La Resolución de Vantaa (Finlandia) nació en la reunión celebrada en el marco del programa Raphael, promovido por la Comisión Europea, que se llevó a cabo entre 1997 y el año 2000, y en el que participaron el ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property), el EVTEK (Institute of Art and Design of Finland, Department of Conservation), el Instituto Português de Conservação e Restauro, y el Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France y Ministry of Cultural Heritage of Hungary.

Los 5 puntos estratégicos de la Resolución de Vantaa sobre Conservación Preventiva establecen un marco para una política y acción eficaces que se desarrollan mediante cinco líneas de acción: liderazgo, planificación institucional, formación, acceso a la información y papel del público. En este sentido se hace necesario modificar el concepto de la técnica de la restauración tradicional, dicha modificación ha sido implementada ya en muchos países, en el cual se denomina "conservación programada", que consiste en dirigir la acción, antes que al bien singular, al ambiente que lo contiene y del cual provienen todas las causas posibles de su deterioro. Figura 1. Su objetivo es, por tanto, el control de estas causas, para disminuir cuanto sea posible la velocidad de los procesos de deterioro, interviniendo

donde es necesario, con tratamientos de mantenimiento apropiados en los diferentes tipos de materiales.

Los cuatro parámetros más importantes a la hora de determinar el nivel de agresividad de un ambiente y los riesgos potenciales derivados son la temperatura, la humedad relativa, los contaminantes y la luz. El ambiente que envuelve los bienes inmuebles de nuestro patrimonio, tiene un papel vital en la conservación de las obras de arte que contienen, ya que niveles incorrectos y fluctuaciones excesivas de estos parámetros constituyen factores de riesgo muy comunes que pueden causar daño continuo y acumulativo (Michalski, 2007; AENOR, 2011) y propiciar otros procesos de degradación, como el crecimiento de bacterias y la aparición de hongos (Vaillant, 2013) y el daño físico por estrés térmico o por cristalización de sales (Grossi et al., 2011).



Figura 1. Diagrama de riesgos sobre el Patrimonio Cultural. (De Guichen, G. Conservación preventiva: ¿en qué punto nos encontramos en 2013?. Patrimonio Cultural de España, 7, 2013.)

La Conservación Preventiva.

En la resolución que se presentó a los miembros del ICOM-CC durante la XVa Conferencia Triannual, Nueva Delhi, 22-26 de septiembre de 2008 se aplican los siguientes términos: “conservación-restauración”, “conservación preventiva”, “conservación curativa” y “restauración” para definir la conservación del Patrimonio Cultural tangible, que se citan a continuación:

Conservación – Todas aquellas medidas o acciones que tengan como objetivo la salvaguarda del Patrimonio Cultural tangible, asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras. La conservación comprende la conservación preventiva, la conservación curativa y la restauración. Todas estas medidas y acciones deberán respetar el significado y las propiedades físicas del Bien Cultural en cuestión.

Conservación preventiva – Todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas. Se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas, no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia.

Algunos ejemplos de conservación preventiva incluyen las medidas y acciones necesarias para el registro, almacenamiento, manipulación, embalaje y transporte, control de las condiciones ambientales (luz, humedad, temperatura, contaminación atmosférica y biología), planificación de emergencia, educación del personal, sensibilización del público y aprobación legal.

Conservación curativa – Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones sólo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se

están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes.

Algunos ejemplos de conservación curativa incluyen la desinfestación de textiles, la desalinización de cerámicas, la desacidificación del papel, la deshidratación de materiales arqueológicos húmedos, la consolidación de pinturas murales, la remoción de hierbas en mosaicos, etc.

Restauración – Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso. Estas acciones sólo se realizan cuando el bien ha perdido una parte de su significado o función a través de una alteración o un deterioro pasados. Se basan en el respeto del material original. En la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto del bien.

Algunos ejemplos de restauración incluyen el retoque de una pintura, el ensamblaje de una escultura rota, la reintegración de pérdidas en un vaso de vidrio, etc.

En el año 1999 en la revista *Museum* de la UNESCO, se publicó un número especial titulado: La conservación preventiva. En su editorial se hacía la siguiente pregunta: *La conservación preventiva: ¿simple moda pasajera o cambio trascendental?*, escrita por Gäel De Guichen del ICROM. En su editorial De Guichen explica cómo se ha producido este fenómeno y que repercusiones profundas tendrá en el futuro del patrimonio cultural. Nos proporciona las siguientes definiciones:

- La *conservación* es toda actividad humana directa o indirecta encaminada a aumentar la esperanza de vida de las colecciones intactas y de las deterioradas.
- La *restauración* es toda actividad humana directa encaminada a lograr que un objeto deteriorado de una colección recobre su estética o su estado histórico (o incluso el primitivo, en algunos casos).

Es un hecho aceptado, en casi todos los países del mundo, que el Patrimonio Cultural no debe ser considerado aisladamente del ambiente que lo circunda. Mientras que hoy los fenómenos de deterioro afectan al conjunto Patrimonial requiriéndose una acción de conservación dimensionada, la forma prevaleciente de operar, continúa siendo instrumental, basándose en la recuperación del bien singular.

El problema es que, aun empleando las mejores técnicas, la restauración solo es capaz de reparar un daño pero sin impedir que éste se produzca ni, al menos, prevenirlo. En este sentido se hace necesario modificar el concepto de la técnica de la restauración tradicional, tarea que hasta ahora no había superado el plano teórico bajo la denominación de "restauración preventiva". Dicha modificación ha sido implementada ya en muchos países, sobre todo en Italia, en el cual se la denomina "conservación programada", la que consiste en dirigir la acción, antes que al bien singular, al ambiente que lo contiene y del cual provienen todas las causas posibles de su deterioro. Su objetivo es, por tanto, el control de estas causas, para disminuir cuanto sea posible la velocidad de los procesos de deterioro, interviniendo donde es necesario, con tratamientos de mantenimiento apropiados en los diferentes tipos de materiales.

El concepto actual de conservación-restauración de Bienes Culturales, ya sean muebles o inmuebles, se concibe como una disciplina cada vez más especializada que aplica cualquier medida conservativa sobre un objeto, que no implique intervención directa si no es estrictamente necesaria. Queda incluida en esta premisa el control ambiental, analítico y científico, dirigido a conocer en profundidad las causas de degradación y las alteraciones presentes.

Cada vez más va aumentando el número de equipos interdisciplinarios que tienen entre sus filas a restauradores, historiadores, arquitectos, ingenieros, químicos, y un largo etc., que trabajan con un mismo objetivo común. La conservación y restauración de Bienes Culturales implica, hoy día, un conocimiento profundo del objeto a tratar y de las circunstancias que lo envuelven a fin de no modificar

innecesariamente su contexto. El seguimiento, análisis y control de las condiciones ambientales en las que están inmersos los BIC, es una tarea imprescindible en la conservación de los mismos. El control de los riesgos derivados de las condiciones inadecuadas, marcará la planificación de los proyectos de Conservación Preventiva.

Como veremos a lo largo del texto, el estudio de factores tales como la humedad relativa, temperatura, iluminación y contaminación, así como los efectos de rangos y fluctuaciones extremas sobre los materiales soporte de las obras de arte, marcarán las líneas a seguir en cualquier proyecto de Conservación Preventiva. La tendencia actual desaconseja aplicar estándares establecidos y aplicados durante muchos años. Los estándares deben dirigirse a métodos de trabajo utilizados, como por ejemplo establecen normas europeas específicas de conservación del Patrimonio Cultural, ya en la legislación española:

- UNE-EN 15757:2011: Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.
- UNE-EN 15758:2011: Conservación del patrimonio cultural. Procedimientos e instrumentos para la medición de las temperaturas del aire y de las superficies de los objetos.
- UNE-EN 15759-1: 2012: Conservación del patrimonio cultural. Clima interior. Parte 1: Recomendaciones para la calefacción de Iglesias, capillas y otros lugares de culto.

Y en la legislación italiana, como la norma UNI 10829:1999 Beni di interesse storico e artistico - Condizioni ambientali di conservazione - Misurazione ed analisi. Las especificaciones de temperatura y humedad relativa son más flexibles en estas normas, como sucede también con los grados de control climático del ASHRAE.

El ASHRAE Handbook es el texto de referencia de la *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers*, que desde 1999 cuenta con un capítulo específico dedicado a los rangos de los parámetros ambientales para museos, galerías, bibliotecas y archivos, que incorporan nuevos conceptos en la evaluación de riesgos de los Bienes Culturales contenidos en estos espacios.

En los trabajos de investigación realizados en la Basílica de la Virgen y en la Iglesia de San Nicolás, aplicaremos estas normativas y especificaciones recomendadas contrastando los datos termohigrométricos obtenidos, procediendo a la discusión de los resultados en cada caso, y analizando la validez de los mismos. Propondremos en caso de disconformidad nuevos rangos de análisis más acordes con el tipo de edificio sometido a estudio y el clima exterior predominante.

Podemos encontrar en la literatura multitud de trabajos relacionados con estudios microclimáticos en museos: las guías de evaluación y conservación de Stefan Michalski del Instituto Canadiense de Conservación, investigaciones de Adriana Bernardi en el Museo Británico o Dario Camuffo en la galería de los Uffizi de Florencia, entre otros. Pero la gran mayoría de la riqueza del Patrimonio Cultural de un país, y en especial de España, está constituida por bienes inmuebles. Edificios históricos singulares que constituyen el continente de otros tantos elementos artísticos, pinturas murales, esculturas, pintura caballete, retablos, etc. Nos encontramos con un patrimonio histórico compuesto por monumentos, centros históricos, yacimientos arqueológicos y un largo etc., donde los recursos y la dificultad de acometer proyectos de Conservación Preventiva hacen de esta labor un verdadero reto.

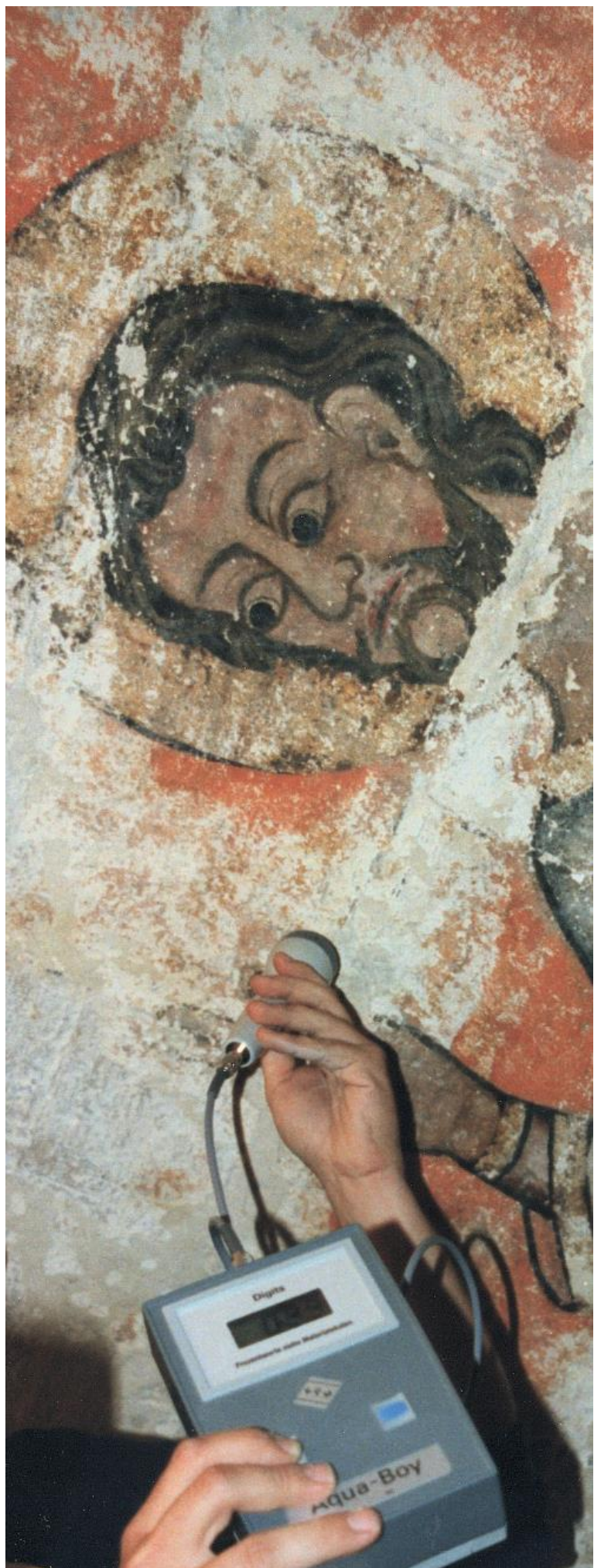
Estudios de varios autores como D. Camuffo y A. Bernardi en la Capilla Sixtina (Bóveda y Juicio Final) o en el convento Dominicano de Santa Maria delle Grazie (Última cena), se adentran en investigaciones de gran rigor científico con el análisis de multitud de parámetros, en edificios singulares, con graves problemáticas derivadas principalmente de la afluencia de feligreses y visitantes.

En estos edificios singulares la instalación de sistemas activos de control ambiental no siempre son viables, ya que las obras a realizar podrían dañar el patrimonio que pretendemos proteger, y por otro lado en muchos casos las condiciones de conservación de las obras de arte entran en conflicto con las condiciones de confort humano. Por todo ello, el conocimiento del estado de conservación requiere además de las técnicas científicas antes mencionadas para la determinación de patologías en materiales, un estudio pormenorizado del ambiente, mediante la monitorización de los parámetros necesarios.

En todo proyecto de Conservación Preventiva debemos distinguir tres fases bien diferenciadas. En una **primera fase**, se deberá obtener toda la información necesaria que nos ayude a situar el Bien Cultural y el medio al que pertenece. Deberemos conocer los materiales constitutivos, el estado de conservación, y las condiciones ambientales que lo albergan, atendiendo al concepto de “clima histórico”, que definiremos más adelante. En una **segunda fase** se deberán identificar y evaluar los riesgos para poder definir las actuaciones a realizar. En una **tercera fase** se deberán planificar las actuaciones y diseñar los procedimientos necesarios para corregir en su caso los factores que alteran los bienes, y una vez implantados, realizar un seguimiento y controles periódicos.

Por último, tal y como viene reflejado en las normativa y/o recomendaciones de otros autores, en relación a los rangos y niveles de riesgos estudiados en cada caso en particular, todo cambio que afecte al entorno de un objeto o una colección tiene que ser decidido por un equipo de profesionales competentes, que incluya siempre un conservador adecuadamente cualificado, experimentado en la evaluación de las condiciones de las colecciones, y un experto en control medioambiental.

**OBJETIVOS Y
PROCEDIMIENTOS DE
INVESTIGACIÓN.**



1964- Carta de Venecia

CARTA INTERNACIONAL SOBRE LA CONSERVACIÓN Y LA RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS Y DE CONJUNTOS HISTÓRICO-ARTÍSTICOS.

Artículo 2º- La conservación y restauración de monumentos constituye una disciplina que abarca todas las ciencias y todas las técnicas que puedan contribuir al estudio y la salvaguarda del patrimonio monumental.

Artículo 5º- La conservación de monumentos siempre resulta favorecida por su dedicación a una función útil a la sociedad; tal dedicación es por supuesto deseable pero no puede alterar la ordenación o decoración de los edificios. Dentro de estos límites es donde se debe concebir y autorizar los acondicionamientos exigidos por la evolución de usos y costumbres.

Objetivos.

La interacción que se produce entre los materiales constitutivos de los Bienes Culturales y el medio ambiente que lo alberga, constituye uno de los factores de riesgo más evidentes del deterioro del Patrimonio Histórico. La acción de estabilizar el medio donde se encuentran los Bienes Culturales, se convierte en uno de los principales objetivos de cualquier intervención.

Por ello es necesario medir de forma continua muchos parámetros para poder luego analizar y cuantificar la evolución de los factores de riesgo. La acción que estos factores ejercen sobre el objeto es continua, influenciada por el transcurrir de las estaciones y dependiente, evidentemente, del comportamiento general del clima de la zona, además de por causas accidentales más o menos temporales y de los usos de los espacios.

La degradación es un proceso acumulativo y progresivo en la naturaleza, donde cualquier perturbación ambiental ayuda a acelerarlo. El progresivo envejecimiento

del objeto y la alteración de sus propiedades físicas y químicas, es a veces imperceptible para el ojo humano. Las mismas causas pueden producir diferentes efectos dependiendo del tipo de objeto, de los materiales constituyentes y de su historia anterior. En ausencia de sistemas de control ambiental activos, el clima natural se determina por la interacción entre el objeto, la envolvente (edificio), los usos y el medio ambiente externo.

Gran parte del Patrimonio Cultural europeo y en concreto el español, se encuentra en edificios históricos que contienen valiosas obras de arte, constituyendo el propio edificio una de ellas. Por lo tanto se hace necesario que la monitorización de los parámetros ambientales se realice sobre el conjunto general del edificio.

Es oportuno, por lo tanto, para una correcta valoración de la evolución del fenómeno, una medición continua en el tiempo. Por ello la investigación microclimática debe ser realizada por lo menos a lo largo de todo un año, de manera que se puedan medir las variaciones termohigrométricas que tienen lugar a lo largo de los meses y durante el cambio de las estaciones. Estas variaciones estacionales son la causa de cambios microclimáticos muy definidos, que tienen lugar en la época que va desde el final del verano al principio del otoño y desde el final del invierno al principio de la primavera.

La evolución del fenómeno de interacción entre ambiente y obra depende también de la especial geometría del edificio, de la distribución de los lugares (ambientes cerrados, semicerrados, criptas, grandes espacios abovedados, etc.) y de los usos, atendiendo al número de visitantes y feligreses, a la apertura de puertas y ventanas, etc. Por lo tanto para caracterizar el comportamiento general del ambiente es necesario que la medición continua de los parámetros se realice en varios puntos elegidos oportunamente. Del análisis de los datos así obtenidos, de sus interrelaciones y dependencias se podrá llegar a la comprensión del fenómeno microclimático utilizando las siguientes medidas:

Temperatura ambiental.
Temperatura de contacto.
Humedad relativa.
Humedad del material.
Velocidad de los flujos de aire.

Estos parámetros se pueden medir directamente con sensores e instrumental existente en el mercado. Para completar las informaciones necesarias hay que calcular, a través de oportunos algoritmos, la humedad específica y la temperatura de rocío (la temperatura a la que tiene lugar la condensación del vapor) y otros parámetros de interés, que son indicadores indispensables para valorar eventuales fenómenos de evaporación o de condensación, y otros fenómenos de deterioro que abordaremos más adelante.

De los resultados obtenidos en las primeras investigaciones y estudios realizados sobre obra real, durante los años 1994 al 2000 se establecieron los objetivos básicos y las fases de actuación para acometer campañas de medida en edificios históricos singulares, como las presentadas en este trabajo. Los análisis ambientales de pequeñas capillas, ermitas y otros, durante estos años, también han contribuido de forma determinante a depurar los procedimientos de investigación. Por ello en el capítulo 3 se incluye una selección de estas campañas de medida, en entornos tan diferentes como la Ermita de la Magdalena de Castellón, varias capillas de la Catedral de Valencia y de la iglesia de San Juan del Hospital, etc.

Partiendo del principio de Conservación Preventiva como criterio fundamental en el que se basen los procedimientos de investigación y actuaciones a desarrollar, nos proponemos como objetivo principal desarrollar un método eficaz para acometer la conservación de elementos tanto patrimoniales como instituciones museísticas.

Procedimiento de investigación.

Para la elaboración del procedimiento de investigación distinguiremos cinco fases principalmente:

- La fase inicial será de recopilación de la información necesaria que nos muestre de forma global los Bienes Culturales sometidos a estudio y el entorno que les rodea. Centrándonos en los materiales constitutivos de las obras y analizando tanto el ambiente, como el propio edificio entendido como contenedor.
- En una segunda fase, se definirán los objetivos del seguimiento y se planificarán los medios necesarios. Se establecerán los criterios de ubicación de los puntos de medición, las campañas de medidas a realizar y la sistematización de las tareas de toma de datos, tanto automáticas como manuales.
- En la tercera fase se gestionará el gran volumen de datos obtenido, realizando los ajustes necesarios a los sistemas de monitorización una vez puestos en marcha. Se confeccionarán las herramientas informáticas para el tratamiento de los datos una vez depurados, obteniendo una serie de plantillas con los procesos estadísticos necesarios para la correcta evaluación de los mismos.
- La cuarta fase será de identificación y valoración de los riesgos detectados, atendiendo a los diferentes espacios y obras analizadas. Aspectos como las condiciones para la aparición de biodeterioro, deposición de partículas sobre superficies, migración de sales desde paramentos o pinturas murales, condensaciones y otros, serán evaluados en base a experiencias propias, a normativas y a recomendaciones de distintos autores e instituciones. Se procederá posteriormente a la discusión de los resultados

de estas evaluaciones, para verificar la idoneidad de las mismas, y en su caso proponer cambios al procedimiento.

- En la quinta fase y a modo de conclusiones, se propondrán las acciones necesarias, en su caso, para estabilizar el ambiente, teniendo en cuenta el resto de intervenciones realizadas sobre el conjunto: arquitectónica, de restauración, saneamiento de instalaciones, etc. Se planificará además el seguimiento de control ambiental una vez hayan finalizado los trabajos de intervención de los diferentes equipos pluridisciplinarios.

Estas fases fueron las vertebradoras de las investigaciones previas y los posteriores trabajos de recuperación integral de la Basílica de la Virgen (1993-2004), y una vez depuradas y actualizadas están siendo aplicadas en la intervención de la Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia, como veremos más adelante. La aplicación de estos criterios debe servir de guía y no aplicarse de forma mecánica. Se debe evaluar la metodología para cada Bien Cultural en concreto y atendiendo a las necesidades y a las funciones que desempeña en el contexto cultural y social en el que está inmerso.

El procedimiento del análisis se fundamenta en las variaciones de los parámetros termohigrométricos, tales como:

- Niveles medios y extremos. Luego de obtener el suficiente número de datos continuados estaremos en disposición de calcular medias aritméticas y observar los valores extremos (máximos y mínimos). El periodo mínimo de monitorización de los parámetros higrotérmicos será de un año.
- Magnitud y frecuencia de las oscilaciones. Observación de oscilaciones cíclicas (diarias, estacionales, anuales, etc.), y ocasionales tales como las provocadas por la afluencias masivas de visitantes, apertura de ventanas, y otros usos. Estas fluctuaciones serán objeto de análisis pormenorizado,

ya que las rápidas oscilaciones de los parámetros son las desencadenantes en gran medida de procesos de deterioro físico.

- Comprobaciones puntuales. Realización de mediciones puntuales con instrumental portátil, para la comprobación del correcto funcionamiento de los sistemas de monitorización automáticos y el análisis de diferencias espaciales y gradientes.
- Obtención de parámetros psicrométricos, tales como humedad específica del aire, temperatura de punto de rocío, etc., y su relación con los procesos de deterioro observados en los estudios previos.
- Análisis estadístico y representación de datos y resultados mediante tablas, gráficos de evolución, histogramas de frecuencia, y otros elementos de presentación gráfica diseñados para facilitar la lectura de eventos y detectar situaciones potenciales de riesgo.

Para la correcta obtención de los parámetros antes mencionados es necesario considerar las siguientes premisas:

a) Selección de los puntos de medición. Para la situación física de los diferentes sensores, deberemos considerar además de las necesidades de cada una de las zonas propuestas a estudio, factores relacionados con las variaciones espaciales que dependen de las dimensiones, situación y forma de las estancias.

b) Frecuencia de mediciones. Viene determinada por la velocidad o el ritmo en que se producen las variaciones temporales. En nuestro caso la cadencia mínima de medición establecida es de una hora. Los sistemas se programarán para realizar mediciones de menor rango (cada 30 min en el sistema de monitorización de la Basílica de la Virgen y cada 15 min en la Iglesia de San Nicolás), aunque el tratamiento de los datos se realizará con

medias horarias. En caso de necesitar analizar casos particulares de rápidos cambios ambientales, estaremos en disposición de ajustar más el estudio.

c) Medidas de referencia. Para evaluar los intercambios de energía calorífica, de vapor de agua, etc., que se producen en un lugar determinado es necesario conocer lo que ocurre en su entorno inmediato. Para ello se dispondrán sensores situados en el exterior del edificio en distintas orientaciones, empleando además las referencias de estaciones meteorológicas cercanas de la red de AEMET (Agencia Española de Meteorología).

d) Se valorará además la capacidad amortiguadora de los edificios, interrelacionando la evolución de los parámetros ambientales externos con el interior y analizando en su caso las características constructivas de paramentos y cubiertas.

Como veremos en el desarrollo del trabajo, en el caso de la cúpula de la Basílica de la Virgen se estudió en profundidad la capacidad de aislamiento de la misma y se realizó un proyecto específico, para determinar mediante pruebas en un modelo a escala 1:1, los efectos de condiciones extremas, y los resultados de la aplicación de diversas soluciones constructivas para la consolidación de este elemento.

Por último, se procederá a la determinación de las condiciones óptimas de conservación y la evaluación de los riesgos sobre las obras de arte. Como comentamos en la introducción durante los últimos años el análisis de riesgos ha sufrido cambios importantes, tanto a nivel conceptual como de normativa. Actualmente se desaconseja aplicar los rígidos estándares establecidos desde hace años.

España ha traspuesto varias directivas europeas que han dado lugar a normas específicas de conservación del Patrimonio Cultural, tales como la UNE-EN

15757:2011, UNE-EN 15758:2011 y UNE-EN 15886:2011. o la norma italiana UNI 10829:1999 Beni di interesse storico e artistico - Condizioni ambientali di conservazione - Misurazione ed analisi. Se han flexibilizado los requerimientos de niveles óptimos de temperatura y humedad relativa, como sucede también con los grados de control climático del ASHRAE. Se introduce en varios de estos documentos el nuevo concepto de “clima histórico”, atendiendo a la aclimatación de los Bienes Culturales al entorno donde han permanecido los últimos años.

Como última componente del procedimiento de investigación propuesto, se encuentra la transferencia de resultados, para convertir el trabajo de investigación e intervención en un proceso valioso, que además de proporcionar bases sólidas al resto de áreas, sea el punto de partida para nuevas investigaciones sobre el Patrimonio Cultural.

Por último señalar que este trabajo se ha planteado como una investigación descriptiva, con los objetivos previamente delimitados y el método planificado atendiendo a las experiencias de campo realizadas en proyectos de intervención del Patrimonio de gran complejidad, tanto por dimensiones físicas de los edificios monitorizados, como por la variabilidad ambiental de los mismos.

CAPÍTULO 1



CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GENERALES.

1.1.- Temperatura y humedad. Psicrometría.

1.1.1.- Medición de temperatura. Definiciones termodinámicas.

1.1.2.- Medición de Humedad Relativa.

1.2.3.- Diagrama psicrométrico.

1.2.- Instrumentación móvil empleada. Especificaciones técnicas.

1.2.1.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 1994-2004.

1.2.2.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 2004-2015.

1.3.- Tratamiento estadístico de datos y representación gráfica.

1.3.1.- Tratamiento estadístico de los datos.

1.3.2.- Representación gráfica.

1.4.- El clima de la Comunidad Valenciana.

1.4.1.- La temperatura.

1.4.2.- La humedad.

1.4.3.- Niveles en la ciudad de Valencia.

1.4.4.- Niveles ambientales exteriores en la ciudad de Valencia.

1.4.5.- El fenómeno de isla de calor.

El objetivo de este capítulo es la introducción a los conceptos básicos de termodinámica, psicrometría y estadística, que vamos a utilizar a lo largo del trabajo de investigación. Como veremos, la mayoría de los términos que emplearemos son de uso común, procediendo a la definición del resto de parámetros relacionados de una manera más exhaustiva. Describiremos además las técnicas de medición empleadas y los equipos de medida correspondientes.

En el último punto del capítulo se abordará el análisis global del clima de la Comunidad Valenciana, y en particular de la ciudad de Valencia, necesario para comprender la interrelación entre el ambiente exterior y las condiciones en el interior de las iglesias y zonas singulares sometidas a estudio.

1.1.- Temperatura y humedad. Psicrometría.

1.1.1.- Medición de temperatura. Definiciones termodinámicas.

La física define la temperatura como: “una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica, o conocida como la energía sensible, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas de ese sistema termodinámico”, esto quiere decir que la temperatura es la cuantificación de la actividad molecular de la materia. En general la temperatura se relaciona con el comportamiento de la materia y en la mayoría de los casos define el estado final de ésta.

El término termometría significa medición de temperatura. Podemos definir los siguientes términos:

- Pirometría: Medición de altas temperaturas.
- Criometría: Medición de bajas temperaturas, cercanas al cero absoluto.
- Termometría: Término genérico que involucra los dos anteriores.

Las mediciones de la temperatura son necesarias para la mayoría de las actividades del ser humano. La temperatura define el comportamiento de los

objetos en el medio ambiente normal, o en un medio controlado. Define también el comportamiento mecánico de la materia, y a través de los cambios que produce nos proporciona información acerca de los efectos de ciertos estímulos y condiciones.

La termodinámica estudia los fenómenos relacionados con el calor, ocupándose principalmente de las propiedades macroscópicas de la materia que son afectadas por el calor y la temperatura, así como de la transformación de unas formas de energía en otras. Se ocupa además de los intercambios de energía térmica entre sistemas (abiertos o cerrados) y los fenómenos mecánicos y químicos asociados, así como la transformación de energía mecánica en térmica o viceversa. En estas transformaciones siempre hay una cantidad de energía que se convierte en calor.

Otros conceptos que debemos distinguir también, son los de energía térmica y calor.

- La energía térmica de un cuerpo, es el conjunto de las energías cinéticas de sus átomos y depende del tipo de sustancia y la masa de la misma.
- Calor es la energía que es transferida a través de la frontera de un sistema debido a una diferencia de temperaturas.

Podemos distinguir tres medios distintos de transmisión de calor. Figura 1.1.

- Radiación: El calor se transmite entre un cuerpo de alta temperatura hacia otro de baja, sin estar en contacto físico.
- Conducción: El calor se transmite de una región de alta temperatura hacia otra región de temperatura más baja, dentro de un medio sólido, líquido o gaseoso en contacto físico directo.
- Convección: Es un proceso de transporte de energía, por la acción combinada de la conducción del calor, almacenamiento de energía y movimiento del conjunto.

Introducimos también el concepto de sistema termodinámico, siendo un conjunto de materia o región en el espacio sobre el cual se centra el análisis de las variables termodinámicas. La superficie que separa el sistema de su entorno se denomina frontera del sistema y a través de ésta se realiza la transferencia de calor, trabajo y materia. Podemos distinguir tres tipos de sistemas. Figura 1.2:

- Sistemas Cerrados. Los cuales intercambian energía con su exterior pero no materia.
- Sistemas Abiertos. Los cuales intercambian energía y materia con el exterior. La gran mayoría de los ejemplos en la naturaleza corresponden a sistemas abiertos.
- Sistemas Aislados. Los cuales no pueden intercambiar ni energía ni materia con el entorno.

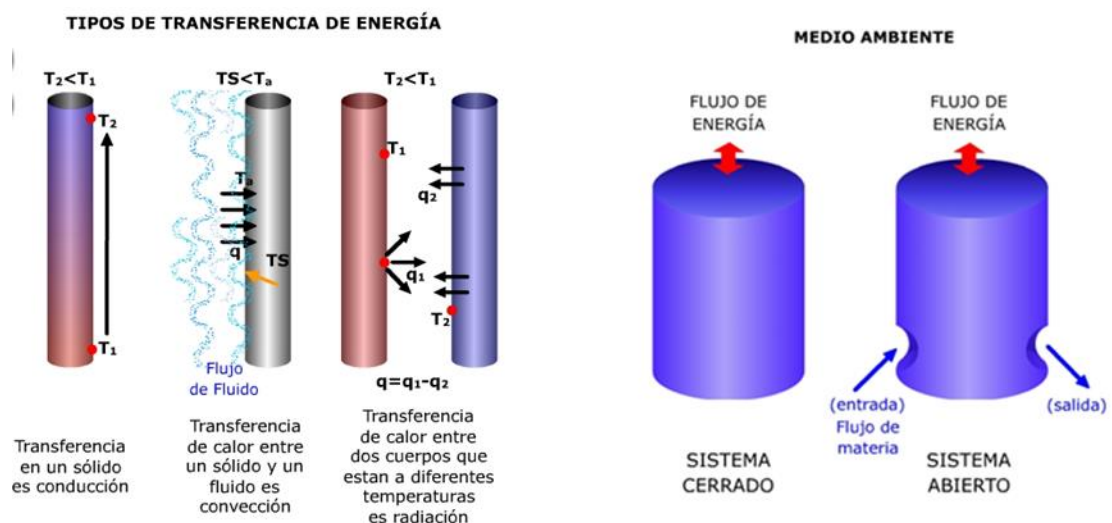


Figura 1.1. Tipos de transferencia de calor.

Figura 1.2. Flujos de energía en sistemas termodinámicos.

La temperatura se representa según una escala numérica, cuanto mayor es su valor, mayor es la energía cinética media de los átomos del cuerpo en cuestión. Las primeras escalas definidas fueron las denominadas Fahrenheit y Celsius. La escala

Fahrenheit define al valor 32 como el punto de fusión del hielo y 212 como el punto de ebullición del agua. La escala Celsius, define el valor cero para el punto de fusión del hielo y cien al punto de ebullición del agua. El intervalo entre ambos puntos se divide en cien partes iguales, cada una de ellas es un grado Celsius.

Si disminuimos la temperatura de una sustancia, hay un punto en el que cesa el movimiento atómico, se le denomina cero absoluto de temperatura. En la escala Celsius es de $-273,15$ grados.

Empleando este último término, se definen otras escalas denominadas absolutas, en las cuales el cero está situado en el cero absoluto, son las escalas Kelvin y Rankine. La escala Kelvin tiene la misma división que la Celsius, y su cero se corresponde con $-273,15$ grados. La escala Rankine posee, el mismo cero que la escala Kelvin pero su división es idéntica a la de la escala Fahrenheit. La relación entre estas cuatro escalas la vemos en la figura 1.3.

Punto de ebullición del agua	°R 671	K 373	°C 100	°F 212
Punto de fusión del hielo	491	273	0	32
Cero Absoluto	0	0	-273	-459

Figura 1.3. Relación entre escalas de temperatura.

Transductores de temperatura.

La medición de la temperatura se puede realizar con diferentes instrumentos:

- Termómetros de líquido en vidrio.
- Termómetros de columna.
- Termómetros a presión de gases y de vapor

- Termómetros bimetalicos
- Termómetros de resistencia
- Termopares
- Pirómetros ópticos

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan tanto en los procesos industriales, como en gran cantidad de proyectos científicos de investigación. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas por el tipo de campo de medida, por el tipo de instrumento indicador, por la precisión, por la velocidad de captación del parámetro, por el controlador necesario y por la distancia entre el sensor y el controlador. Esta última limitación es de vital importancia en los estudios propuesto en nuestro caso, al tener que diseñar una extensa red de sensores distribuidos en dependencias alejadas físicamente grandes distancias.

Es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado. (S. Rojano, 1984). Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la misma. Podemos destacar:

- Variación de resistencia de un conductor (sonda de resistencia RTD).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- f.e.m. (fuerza electromotriz) creada en la unión de dos metales distintos (termopares).

En la tabla 1.1, se comparan los cuatro tipos más corrientes de transductores de temperatura que se usan en los sistemas de adquisición de datos: detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, sensores de IC (circuito integrado) y termopares.

	RTD	Termistor	Sensor de IC	Termopar
Ventajas	Más estable. Más preciso. Más lineal que los Termopares.	Alto rendimiento Rápido Medida de dos hilos	El más lineal El de más alto rendimiento Económico	Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad de formas físicas Amplia gama de temperaturas
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos Autocalentable	No lineal. Rango de Temperaturas limitado. Frágil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable	Limitado a < 250 °C Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones limitadas	No lineal Baja tensión Precisa referencia El menos estable El menos sensible

Tabla 1.1. Características de transductores de temperatura.

Al igual que la humedad relativa, el control de los niveles y las fluctuaciones de la temperatura ambiental contribuye a asegurar un entorno adecuado para la conservación de los Bienes de Culturales. Este control es una importante medida preventiva que reducirá la necesidad de intervenciones futuras de conservación-restauración. Tanto la temperatura del aire como de la superficie de los objetos deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar los métodos de análisis ambientales de cara al planteamiento de futuros controles.

Todos los objetos se dilatan o se contraen en función de las fluctuaciones de la temperatura. La velocidad de algunas reacciones químicas aumenta al elevarse la temperatura. La temperatura influye en la actividad de los hongos, de los insectos y de la gran mayoría de los microorganismos, responsables del biodeterioro de los materiales orgánicos e inorgánicos.

Como veremos posteriormente, la temperatura también tiene un efecto directo sobre la humedad relativa. Un aumento de la temperatura provoca una disminución de la humedad relativa, lo que implica la pérdida de humedad intrínseca de materiales higroscópicos tales como la madera, el papel o el cuero, asociándose este factor a la mayor fragilidad de los materiales por desecación.

Por último, como se verá en el punto dedicado a la psicrometría, cualquiera que sea la temperatura del aire, el vapor de agua que contiene se puede condensar sobre las superficies frías si la temperatura de éstas desciende por debajo de la temperatura de punto de rocío.

1.1.2.- Medición de Humedad Relativa.

La humedad es un fenómeno natural presente a nivel molecular, relacionado con la cantidad de moléculas de agua que contiene una determinada sustancia en estado sólido o gaseoso. El nivel de concentración de agua en el ambiente resulta indispensable para el desarrollo de procesos, ya sean físicos, químicos, o biológicos.

La humedad relativa en el aire es la cantidad numérica que indica el cociente entre la humedad absoluta del medio ambiente y la cantidad máxima de vapor de agua que admite el aire por unidad de volumen, esta cantidad se mide en porcentaje de humedad relativa (%). La humedad relativa máxima posible en un ambiente es del 100%. El valor de la humedad relativa está influido por la temperatura en el momento de la medición, por lo que la medición de ambos parámetros debe realizarse al mismo tiempo.

Los equipos empleados para realizar las mediciones de humedad en el medio ambiente pueden ser entre otros:

- Psicrómetros.
- Higrómetros mecánicos.

- Higrómetros electrónicos.
- Higrómetro espectroscópico.

Desde el punto de vista de la Conservación Preventiva, la humedad relativa (HR) ambiental en el entorno de los Bienes Culturales es el parámetro más crítico, y se debe mantener en un nivel determinado, evitando las fluctuaciones. La HR es dependiente tanto de la temperatura y como del contenido de humedad del aire, por ello el análisis de las variaciones térmicas resulta fundamental para entender los procesos de deterioro de manera global. La determinación de los límites del rango de valores termohigrométricos a mantener en el interior del edificio, resulta de la combinación de diversos factores.

Las fluctuaciones rápidas en la HR provocan gradientes del contenido de humedad en los materiales, y las variaciones dimensionales por el aumento de contenido de agua generan tensiones. Por el contrario, los cambios lentos de HR producen una distribución de humedad más uniforme dentro de los materiales, pero provocan también cambios dimensionales que originan tensiones en los elementos ornamentales.

Algunos materiales no son sensibles a la humedad relativa, por ejemplo los metales preciosos, otros requieren ser almacenados en un ambiente seco, mientras otros requieren rangos de mayor precisión de humedad relativa. Los materiales higroscópicos son los que presentan una fuerte sensibilidad a los cambios de humedad relativa en toda la gama de la variabilidad ambiental, como por ejemplo la madera, el pergamino, papel, etc. En el capítulo dedicado a la evaluación de riesgos ambientales, se aportarán las tablas y rangos orientativos de parámetros termohigrométricos para la conservación de los principales materiales constitutivos de las obras de arte.

En el mercado existe instrumental que da una lectura directa de la humedad relativa. La operación de estos instrumentos se basa en la propiedad de algunos materiales para absorber humedad y luego cambiar su forma o tamaño,

dependiendo de la humedad relativa de la atmósfera. También es posible medir la HR electrónicamente. Esto se hace utilizando una sustancia, en la cual, la conductividad eléctrica cambia con el contenido de humedad. Cuando el instrumento está en operación, el elemento sensor se coloca en el espacio donde se va a medir la humedad. Este elemento sensor puede ser una sonda conectada mediante un cable al instrumento, o en instrumentos portátiles, viene integrado a los mismos. Estos instrumentos tienen una pantalla digital, donde se puede indicar, además, las temperaturas de bulbo seco y del punto de rocío. En el punto dedicado a instrumental de medición, se presentan varios ejemplos de equipos empleados en las diferentes campañas de medida.

1.2.3.- Diagrama psicrométrico.

La psicrometría estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano. Este aire húmedo, está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua. Siendo la composición del aire seco la siguiente: Tabla 1.2.

Nombre	Símbolo Químico	AIRE SECO	
		% en Peso	% en Volumen
Nitrógeno	N ₂	75.47	78.03
Oxígeno	O ₂	23.19	20.99
Bióxido de carbono	CO ₂	0.04	0.03
Hidrógeno	H ₂	0.00	0.01
Gases raros	----	1.30	0.94

Tabla 1.2. Gases que componen el aire en la atmósfera. Fuente ASHRAE.

La relación más conocida con la temperatura, es que el aire tiene la propiedad de retener cierta cantidad de vapor de agua en función de la misma. A menor

temperatura, menor cantidad de vapor, y a la inversa, si se mantiene éste a presión atmosférica constante.

Las relaciones entre los diversos parámetros termohigrométricos del aire húmedo, se representan mediante un diagrama o carta psicrométrica. Figura 1.4. Los parámetros relacionados son: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor sensible, calor latente y volumen específico del aire. Con el diagrama se pueden realizar las tareas de control, analizando las necesidades de tratamiento del aire húmedo para alcanzar las condiciones proyectadas en caso de acondicionamiento del ambiente. En el capítulo dedicado a la propuesta de climatización de la Basílica de la Virgen se hace un recorrido por las transformaciones psicrométricas necesarias, hasta alcanzar los niveles de temperatura, humedad relativa y humedad específica establecidos como seguros.

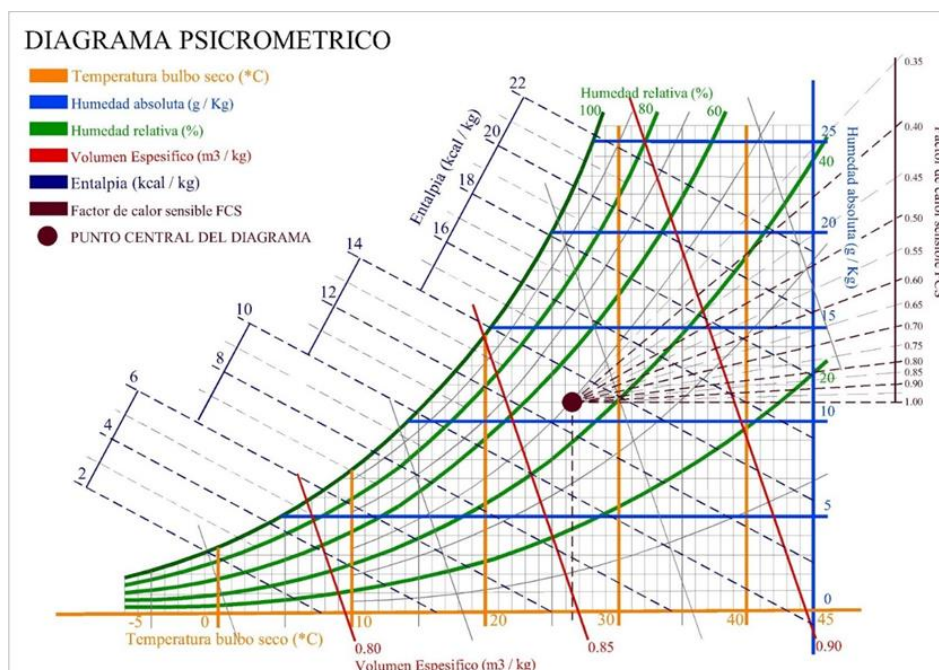


Figura 1.4. Diagrama Psicrométrico con representación de parámetros.

De la lectura del diagrama anterior se desprenden los principales parámetros del aire húmedo que vamos a emplear en el trabajo. Se definen de la siguiente manera:

- Temperatura del bulbo seco (T_s): Es la temperatura que tiene la mezcla (con vapor de agua), y generalmente es medida por un termómetro.
- Temperatura del bulbo húmedo (T_h): Es la temperatura de equilibrio que se alcanza en la superficie de una película de agua que se evapora sin aplicarle calor (proceso adiabático), éste concepto está vinculado con el anterior, por lo que será explicado posteriormente. En las siguientes imágenes se puede observar el método de medición mediante un psicrómetro. Figura 1.5 y 1.6.

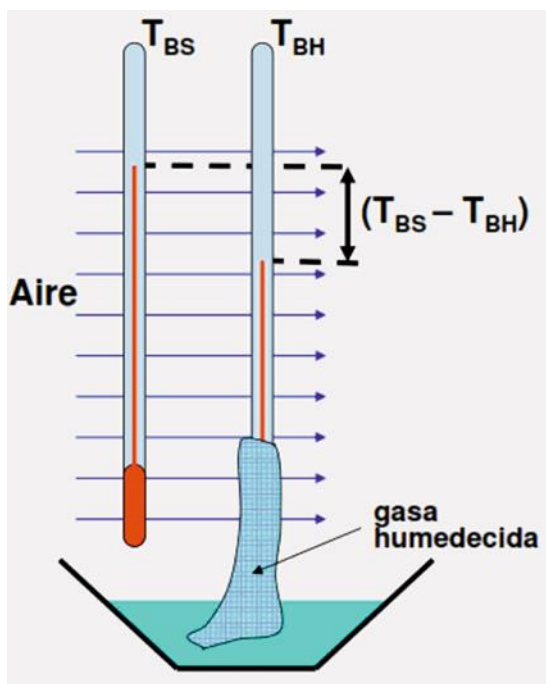


Figura 1.5. Medición en psicrómetro.

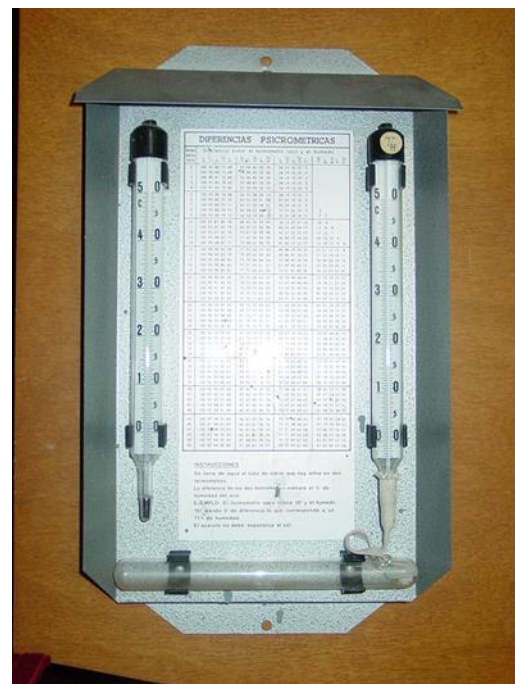


Figura 1.6. Psicrómetro.

- Humedad específica (H_s o W). Representa la cantidad de vapor de agua contenido en un Kg. de aire, se mide en gramos de vapor/Kg. de aire seco. La escala de humedad específica, está situada en la parte derecha del diagrama (línea de ordenadas). La línea de humedad específica constante, son las horizontales que parten de la escala de este eje.

- Humedad relativa (HR). Representa la cantidad de vapor de agua contenida en el aire en unas condiciones dadas, respecto a la máxima humedad específica que pudiera contener, para esa misma temperatura seca.

$$HR = (W / W_{max}) \times 100$$

W = Humedad específica.

W_{max} = Humedad específica máxima a una temperatura seca determinada.

En el diagrama psicrométrico la humedad relativa se representa mediante curvas de tipo logarítmico, con los valores de 10% en 10%, correspondiendo el 100% de humedad relativa a la curva de saturación.

- Temperatura de punto de rocío (Tr). Es la temperatura de saturación de una mezcla de gas y vapor de agua, por ejemplo, si se reduce la temperatura de una mezcla hasta el punto que se inicia la condensación se ha llegado a la temperatura de punto de rocío, por lo que se tendrá una $P_v = P_{sat}$. Las líneas de temperaturas de rocío son las mismas que la humedad específica, pero la escala es la de temperatura seca que se encuentra en la curva de saturación.
- Entalpía (i). Magnitud termodinámica que indica la cantidad de energía que hay en la unidad de masa de materia. Queda definida como la suma de energía interna más la cantidad que se obtiene del producto de la presión por el volumen (j/kg de aire seco). Las líneas de entalpía constante son las mismas que las de temperatura de bulbo húmedo y la escala de medidas está situada fuera del diagrama, en la parte superior del mismo.
- Volumen específico (Vesp). Volumen ocupado por el aire húmedo por unidad de masa de aire seco. Es pues, la relación entre el volumen total del aire atmosférico y la masa total del aire seco. Es la magnitud inversa de la densidad (m³/ kg de aire seco).

A lo largo del trabajo, se empleará el cálculo de los parámetros psicrométricos para analizar diversos fenómenos ambientales, tales como la condensación sobre superficies, aporte de humedad exterior frente a variaciones internas, aporte de humedad por visitantes y feligreses, etc. Adjuntamos la tabla 1.3 con ejemplo de cálculo de las diferentes variables psicrométricas para varias parejas de valores de temperatura y humedad relativa. Estos mismos cálculos podrían realizarse con datos de partida diferentes, tales como temperatura seca y temperatura húmeda, etc.

VARIABLES PSICROMÉTRICAS

T^s (°C)	HR (%)	P_{vs} (Pa)	P_v (Pa)	W (Kg/Kg a.s.)	Tr (°C)	H (Kj/Kg a.s.)	Ve (m ³ /Kg a.s.)	DRP (°C)
0	60	610,6607	366,3964	0,0023	-6,8266	5,6454	0,7767	6,8266
10	60	1227,6211	736,5726	0,0046	2,5953	21,4731	0,8081	7,4047
20	60	2337,5272	1402,5163	0,0087	11,9944	42,1492	0,8422	8,0056
30	60	4241,5296	2544,9178	0,0160	21,3709	70,9447	0,8810	8,6291
40	30	7372,6852	2211,8056	0,0139	19,1002	75,7162	0,9070	20,8998
50	25	12331,4726	3082,8682	0,0195	24,5404	100,5758	0,9442	25,4596
60	100	19924,0115	19924,0115	0,1522	59,9887	457,2350	1,1749	0,0113
70	40	31201,6968	12480,6787	0,0874	50,2316	299,5635	1,1087	19,7684
80	85	47500,8409	40375,7148	0,4120	76,0449	1169,9821	1,6633	3,9551
90	95	70480,8985	66956,8535	1,2118	88,6523	3317,4528	3,0332	1,3477
°C	%	Pa	Pa	Kg/Kg a.s.	°C	Kj/Kg a.s.	m ³ /Kg a.s.	°C

Variable	Nombre	Unidades
T^s	TEMPERATURA SECA	°C
HR	HUMEDAD RELATIVA	%
P_{vs}	PRESIÓN VAPOR SATURADO	Pa
P_v	PRESIÓN VAPOR	Pa
W	HUMEDAD ESPECÍFICA	Kg/Kg a.s.
Tr	TEMPERATURA DE ROCÍO	°C
H	ENTALPÍA	Kj/Kg a.s.
Ve	VOLUMEN ESPECÍFICO	m ³ /Kg a.s.
DRP	DISTANCIA AL PUNTO ROCÍO	°C

Tabla 1.3. Ejemplo de cálculo de parámetros psicrométricos de varios valores.

1.2.- Instrumentación móvil empleada. Especificaciones técnicas.

Los instrumentos de medición deben adaptarse a cada tipo de situación y ambiente en el que trabajan. En el ámbito de la Conservación de BIC para mediciones experimentales tanto en campo con instrumental portátil, como con sistemas automáticos de medición en continuo, los equipos deben de tener una serie de

características y rangos mínimos. Según la Norma italiana UNI 10829 tenemos para la:

Temperatura del aire:

- Rango de medición: -20 °C a 60 °C
- Precisión de medición: 0,5 °C.

Humedad relativa del aire:

- Rango de medición: 10% a 90% a 25°C
- Precisión de medición: 2,5% (5% en el caso de higrómetro).

Temperatura de la superficie:

- Rango de medición: -20 °C a 60 °C;
- Precisión de medición: 0,5°C

1.2.1.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 1994-2004.

Termohigrógrafo de papel.

Registra simultáneamente los cambios de temperatura y el grado de humedad relativa. Ciclo de registro sobre papel de 7 o 31 días. La medición se basa en el funcionamiento mecánico por dilatación de dos metales (temperatura) y por deformación de un haz de cabellos (humedad relativa). Estos equipos están totalmente retirados del mercado. Figura 1.7. Características técnicas:

- Rango de medición: T: -20 a +43°C. HR: 0 a 100 % RH.
- Precisión: Temperatura: $\pm 1^\circ\text{C}$. Humedad: $\pm 2\%$ RH.
- Graduación de escalas: Temperatura: 0,5°C. Humedad: 5% RH.

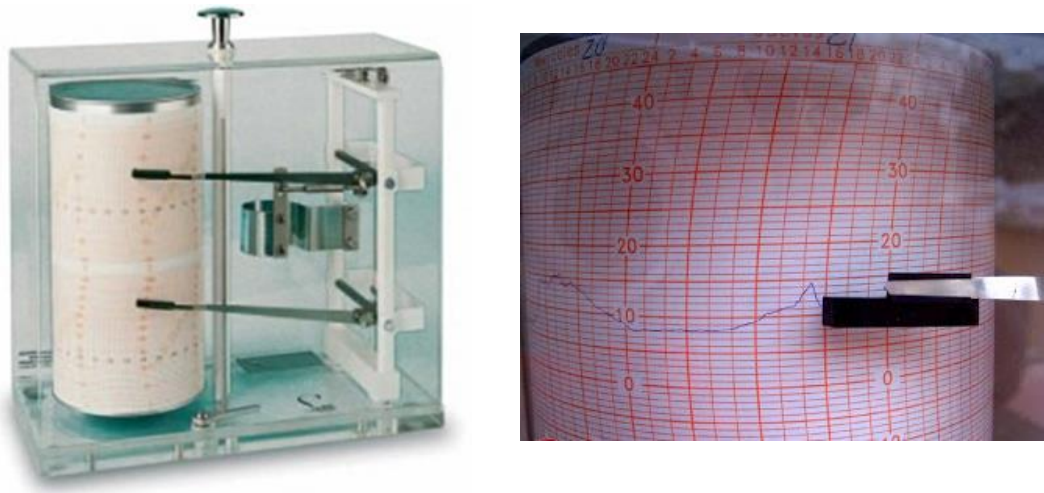


Figura 1.7. Terohigrógrafo y plumilla sobre papel métrico.

Termómetro por infrarrojos. Temperatura a distancia Infracore 801.

El termómetro digital por infrarrojos es un instrumento manual de medición de temperatura y radiación térmica a distancia. El instrumento incorpora un sistema óptico capaz de producir mediciones altamente consistentes y exactas. Es también de gran utilidad a la hora de estimar temperaturas de superficies pictóricas y ornamentales tales como pinturas murales, lienzos y materiales cerámicos.

- Rango de medición: 0-800°C 316-1999 w/m²
- Resolución: 1°C y 1w/m²

La superficie de medición depende de la distancia al objeto en estudio. Se proporciona con el equipo la descripción de las distancias óptimas de medición, las cuales proporcionan una menor dispersión, así como de los datos de emisividad de diversos materiales para el ajuste del equipo. Figura 1.8.



Material	Emisividad (ϵ)
Cuerpo negro	1
Piel humana	0.98
Agua	0.98
Amianto	0.95
Cerámica	0.95
Barro	0.95
Cemento	0.95
Tejido	0.95
Grava	0.95
Papel	0.95
Plástico	0.95
Goma	0.95
Madera	0.95
Cobre (oxidado)	0.68
Acero inoxidable	0.1
Cobre (pulido)	0.02
Aluminio (pulido)	0.05

Figura 1.8. Termómetro de infrarrojos y tabla de emisividad de diferentes materiales.

Medidores de humedad relativa y temperatura electrónicos.

Las comprobaciones puntuales de humedad relativa y temperatura del aire ambiente se realizan con estos instrumentos. Incorporan lectura de temperatura de punto de rocío. Figuras 1.9 y 1.10.

- Rango de medición: HR: 0 a 100% T: -30 a 100°C
- Resolución: $\pm 0.2^\circ\text{C}$ y $\pm 3\%$



Figura 1.9. Termohigrómetro electrónico.



Figura 1.10. Termohigrómetro electrónico.

Medidores de velocidad de flujo de aire combinado y temperatura a distancia.

Con el anemómetro digital Kestrel 3000 (figura 1.11) se pueden medir las siguientes condiciones atmosféricas:

- Velocidad del flujo de aire.
- Punto de rocío
- Humedad relativa

Con el medidor de temperatura superficial a distancia se obtienen mediciones fiables variando la emisividad del objeto. Figura 1.12.



Figura 1.11. Medidor de velocidad y temperatura de aire.

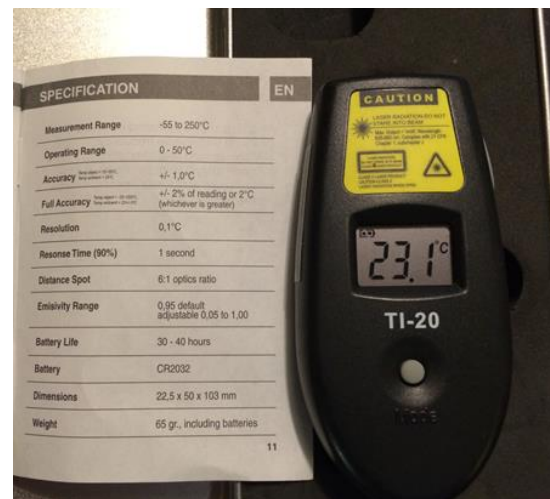


Figura 1.12. Medidor Temperatura superficial a distancia.

Datalogger Opus10.

El OPUS 10 THI Datalogger, nos indica la temperatura y humedad relativa ambiental, memorizando los datos en intervalos de tiempo configurables que periódicamente podemos volcar a un ordenador a través de un puerto USB , para posteriormente procesar los datos Las principales características son: Figura 1.13 y 1.14.

Temperatura:

- Tipo de sensor: NTC termistor.
- Rango de medida: -20...+50°C.
- Precisión: de 0...40°C: +- 0,3°C; resto: +- 0,5°C.
- Resolución: 0,1°C

Humedad:

- Tipo de sensor: capacitivo
- Rango de medida: 10...95% H.R.
- Precisión: +- 3% H.R.
- Resolución: 0,5 % H.R.



Figura 1.13. Datalogger Opus10 con sensor externo.

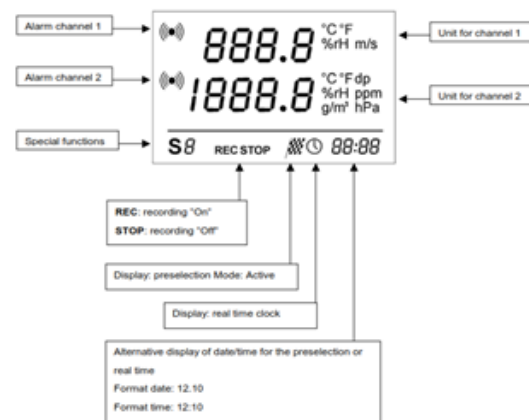


Figura 1.14. Display con funciones del equipo.

Aparato de medida de humedades en materiales de construcción, AQUA-BOY DBMI.

El principio de medida de humedad se basa en la conductividad eléctrica que presenta un mismo material debido a la cantidad de agua que contiene. Las lecturas obtenidas de esta forma tienen una gran precisión y consistencia. Todos los valores de humedad que pueden aparecer en los materiales de construcción son perfectamente cubiertos por tablas con escalas superpuestas, que van desde muy seco hasta húmedo. Figura 1.15.

El modo de empleo del aparato es muy sencillo y se realiza a través de dos teclas que corresponden a cada intervalo de humedades según los distintos colores. Si con la tecla amarilla se obtiene un número digital superior a 98, entonces es mejor utilizar otro rango de medida, pulsando la tecla azul. Los números digitales obtenidos nos proporcionan, a través de las tablas de comparación relativas a materiales, los correspondientes porcentajes de contenido de humedad.

Existe un juego de tablas de comparación que recogen tablas de conversión para gran cantidad de materiales diferentes. Estas tablas se han confeccionado según los últimos conocimientos que se tiene acerca de valores de humedad de diversos materiales, y han sido ampliados para poder incluir los nuevos materiales de construcción.



Figura 1.15. Aparato de medida de humedades en materiales de construcción, AQUA-BOY DBMI.

1.2.2.- Instrumental portátil empleado durante el periodo 2004-2015.

Termómetro por infrarrojos con imagen Fluke IR VT02

El termómetro visual FLUKE IR VT02 combina la efectividad de un termómetro convencional con la ventaja de la imagen de una cámara termográfica, obteniendo un mapa calorífico por infrarrojos de la superficie. Figuras 1.16 y 1.17.

- Rango de medida de temperatura: -10 °C a +250 °C
- Precisión de medida de temperatura ± 2 °C o $\pm 2\%$



Figura 1.16. Termómetro visual de infrarrojos VT02.



Figura 1.17. Toma de medición en Iglesia de San Nicolás (cubierta).

Las ventajas de la termografía para determinar el estado de conservación de edificios históricos son muchas: La termografía es una técnica no destructiva que proporciona información fiable y completa sobre diversas características de los edificios. La toma de imágenes es en tiempo real, lo que permite una visualización muy rápida de procesos estacionarios. La medida sin contacto es otra de las ventajas de la termografía infrarroja, estando el usuario situado en posiciones remotas, alejado del elemento inspeccionado, permitiendo analizar zonas inaccesibles.

Termómetro por infrarrojos Testo 835H1.

El termómetro por infrarrojos con módulo de medición de humedad Testo 835-H1, (figura 1.18), se emplea en mediciones puntuales de campo (figura 1.19) para la verificación de los sistemas automáticos y para complementar mapas de gradientes térmicos. Dispone de:

- El láser de 4 puntos indica el área de medición de forma precisa e impide las mediciones erróneas.
- Óptica 50:1: también a grandes distancias la medición temperatura y humedad será extremadamente precisa y fiable (5 m de distancia = 10 cm de punto de medición).
- Emisividad ajustable: se pueden medir muchas superficies diferentes.
- Cómoda operación asistida por menú mediante iconos y joystick.
- Indicación de los valores mínimos/máximos y pantalla retro iluminada.



Figura 1.18. Termómetro infrarrojo Testo 835H1.

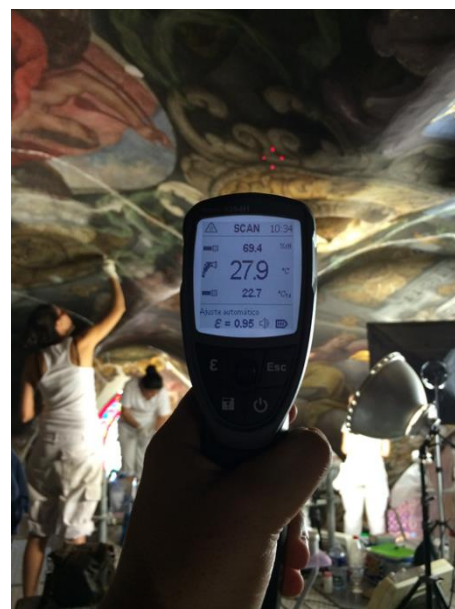


Figura 1.19. Toma de medición en Iglesia de San Nicolás.

Datalogger portátil LOG32.

Medidor portátil de temperatura y humedad con Interfaz USB. Figura 1.20 y 1.21.

Características:

- Memoria para 60.000 registros.
- Intervalo de almacenamiento seleccionable de 30 segundos a 24 horas (a través de software Login Connect.)

Adquisidor de datos USB
Humedad y Temperatura
modelo LOG32

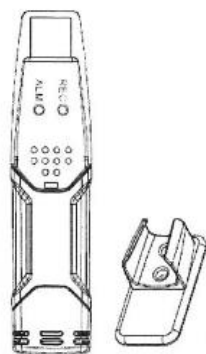


Figura 1.20. Datalogger portátil LOG32.

Figura 1.21. Datalogger portátil LOG32.

Humedad Relativa	Rango	0 a 100%
	Precisión (0 a 20 y 80 a 100%)	±5,0%
	Precisión (20 a 40 y 60 a 80%)	±3,5%
	Precisión (40 a 60%)	±3,0%
Temperatura	Rango	-40 a 70°C
	Precisión (-40 a -10 °C / +40 a +70°C)	±2°C
	Precisión (-10 a +40°C)	±1°C
	Precisión (-40 a +14°C)	±3,6°C
	Precisión (+14 a +104°C)	±1,8°C
Punto de rocío (Temperatura)	Rango	-40 a 70°C
	Precisión (25°, 40 a 100% HR)	±2,0°C (±4,0°C)
Intervalo de registro	Seleccionable desde 2 seg. hasta 24 h.	
Temperatura trabajo	-35 a 80°C	
Tipo de batería	3,6V de litio (1/2AA) SAFT LS14250, Tadiran TL-5101 o equivalente)	
Duración batería	Aproximadamente 1 año dependiendo del intervalo de registro de datos y el uso de los LEDs de alarma	
Dimensión / Peso	101x25x23mm / 172g	

Tabla 1.4. Características técnicas del Datalogger portátil LOG32

1.3.- Tratamiento estadístico de datos y representación gráfica.

1.3.1- Tratamiento estadístico de los datos.

Como veremos en capítulos posteriores, la gran cantidad de datos que se obtienen de las mediciones automáticas de las redes de sensores y de los resultantes de cálculos psicrométricos, hace necesario el tratamiento estadístico básico para determinar por ejemplo:

- Niveles medios y extremos: calculando medias aritméticas y observando los valores extremos (máximos y mínimos), tanto para la temperatura y humedad relativa del aire, como para otros parámetros de interés relacionados.
- Magnitud y frecuencia de las oscilaciones. Observación de oscilaciones cíclicas (diarias, estacionales, anuales, etc.), y ocasionales tales como las provocadas por la afluencias masivas de visitantes, apertura de ventanas, y otros usos. Se confeccionarán tablas de valores alimentadas por los datos depurados del sistema automático de monitorización.
- Análisis estadístico y representación de datos y resultados mediante tablas, gráficos de evolución, histogramas de frecuencia, y otros elementos de presentación gráfica diseñados para facilitar la lectura de eventos y detectar situaciones potenciales de riesgo.

Entre otros, emplearemos los siguientes conceptos estadísticos a lo largo del trabajo:

Desviación típica:

De un conjunto de N números $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, se denota por S y se define como:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Fórmula donde X representa las desviaciones de cada uno de los números X_i respecto de la media \bar{X} . Así que S es la raíz cuadrada de la media de las desviaciones cuadráticas. El grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio dota de validez a las referencias. Si los valores son muy altos, implica que las mediciones son muy variables.

Distribución de frecuencias:

Representación tabular de los datos correspondientes a una variable, que incluye la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada.

Frecuencia Absoluta (f_i):

Es la cantidad de veces que aparece y se repite el valor de un dato.

Frecuencia Relativa (f_r):

De un valor, es el cociente entre su frecuencia absoluta y el número total de datos que intervienen en el experimento.

Frecuencia Relativa Acumulada (F_R):

De un valor, es la suma de todas las frecuencias relativas menores o iguales al considerado.

Media aritmética:

La media aritmética, o simplemente media, de un conjunto de n números se define por la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{N}$$

Mediana:

La mediana de un conjunto de números ordenados en magnitud es o el valor central o la media de los dos valores centrales. Geométricamente, la mediana es el valor de X (abscisa) que corresponde a la recta vertical que divide un histograma en dos partes de igual área.

Percentiles (P):

Se usan para dividir una información en cien partes iguales, cada una de las cuales contiene un 10% de los datos.

Promedio o medida de tendencia central:

Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como tales valores suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud, los promedios se conocen como medidas de tendencia central. Se definen varios tipos; los más comunes son la media aritmética, la mediana, la moda y los cuartiles.

Rango, recorrido u oscilación:

El rango de un conjunto de números es la diferencia entre el mayor y el menor de todos ellos.

Variables estadísticas bidimensionales:

A menudo existen relaciones entre dos o más variables, por ejemplo, temperatura y humedad relativa, precipitaciones y humedad relativa, etc. Para obtener dicha relación se representan en un sistema de coordenadas cada uno de los puntos definidos por los valores de las dos variables (x,y) obteniendo la nube de puntos o diagrama de dispersión.

Varianza:

En referencia a un conjunto de datos, se define como el cuadrado de la desviación típica y viene dada, en consecuencia, por s^2 .

1.3.2.- Representación gráfica.

Las representaciones gráficas tienen un triple objetivo: registrar y almacenar datos de manera compacta, facilitar la comunicación de información, o bien analizar el conjunto de datos que representan para obtener conocimiento de su estructura (Chambers, J.M. et al., 1983). En los siguientes capítulos emplearemos varios tipos de representaciones gráficas de datos, tanto puros, como derivados de las variables psicométricas y estadísticas, aplicadas en cada caso concreto. Como veremos, estas representaciones se han ido adaptando a lo largo de los diferentes estudios y campañas de medida, para que sean de fácil lectura y comprensión.

En los primeros estudios de la campaña de medidas de los años 1994 a 1995 en la Basílica de la Virgen, se confeccionaron tablas, plantillas y gráficas tipo, que se adecuaban a los distintos periodos de análisis y las frecuencias, sistematizando estas tareas para facilitar el acceso y la interpretación de los datos por parte de los técnicos del resto de equipos de trabajo. En la figura 1.22, se muestran dos ejemplos de presentación gráfica de datos. La tabla superior corresponde a los valores de la temperatura ambiental de la cúpula de la Basílica del mes de abril de 1994, conteniendo la tabla inferior las temperaturas del trasdós de la bóveda de la Iglesia de San Nicolás correspondientes al mes de mayo de 2015. En esta sencilla tabla de doble entrada, además de la representación de los datos puros, se incluyen los cálculos estadísticos básicos (medias, máximos, mínimos y oscilaciones diarias y horarias).

De la misma tabla derivan gráficas en tres dimensiones, que describiremos más adelante, de gran ayuda para la determinación de la evolución temporal de un parámetro, atendiendo a su variación horaria y diaria, detectando de forma sencilla fenómenos ambientales relevantes. Hasta llegar a este modelo más elaborado de plantilla, ha sido necesaria una sustancial modificación de la misma, utilizándose en los análisis de la campaña de medidas del año 2000 de la Basílica de la Virgen y en los trabajos de investigación que se desarrollan actualmente en la Iglesia de San Nicolás y San Pedro Mártir de Valencia.

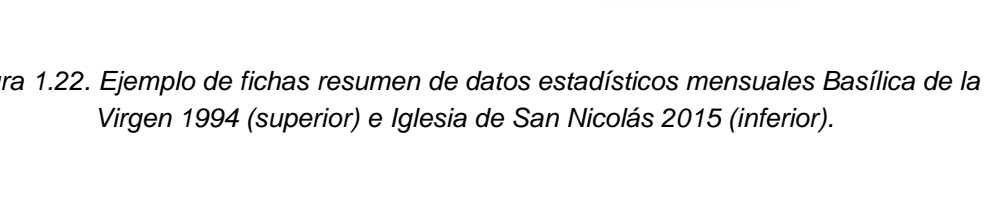
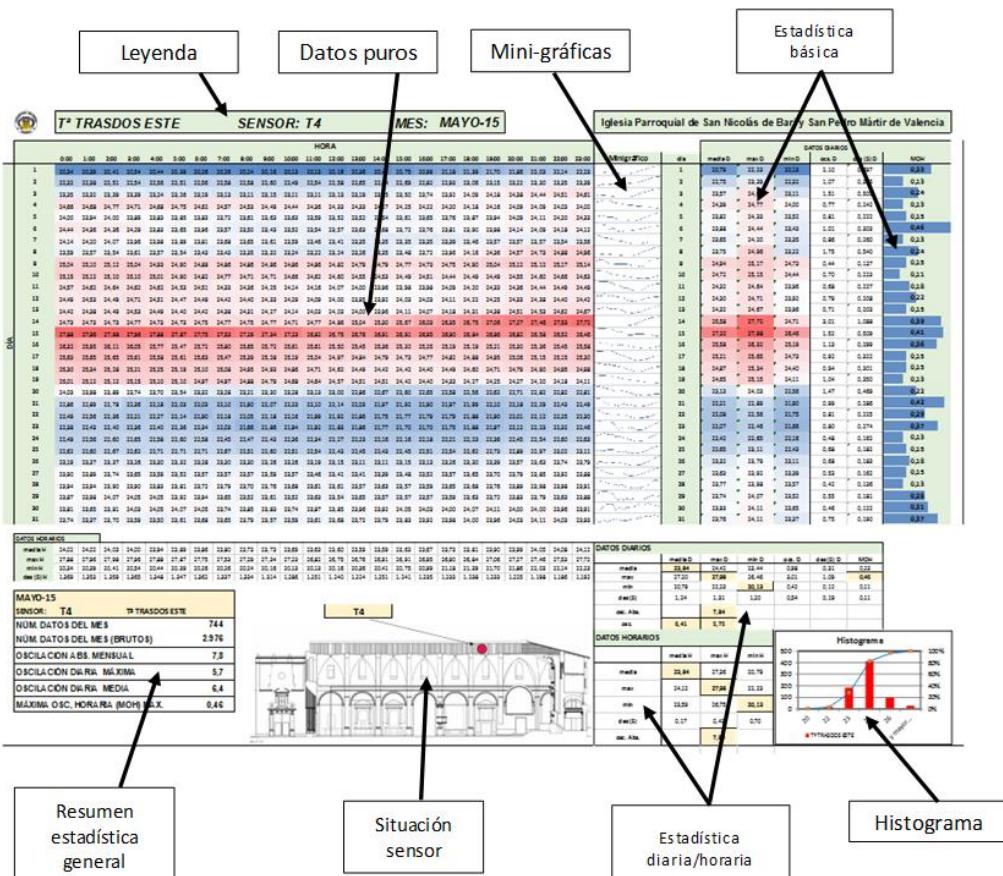
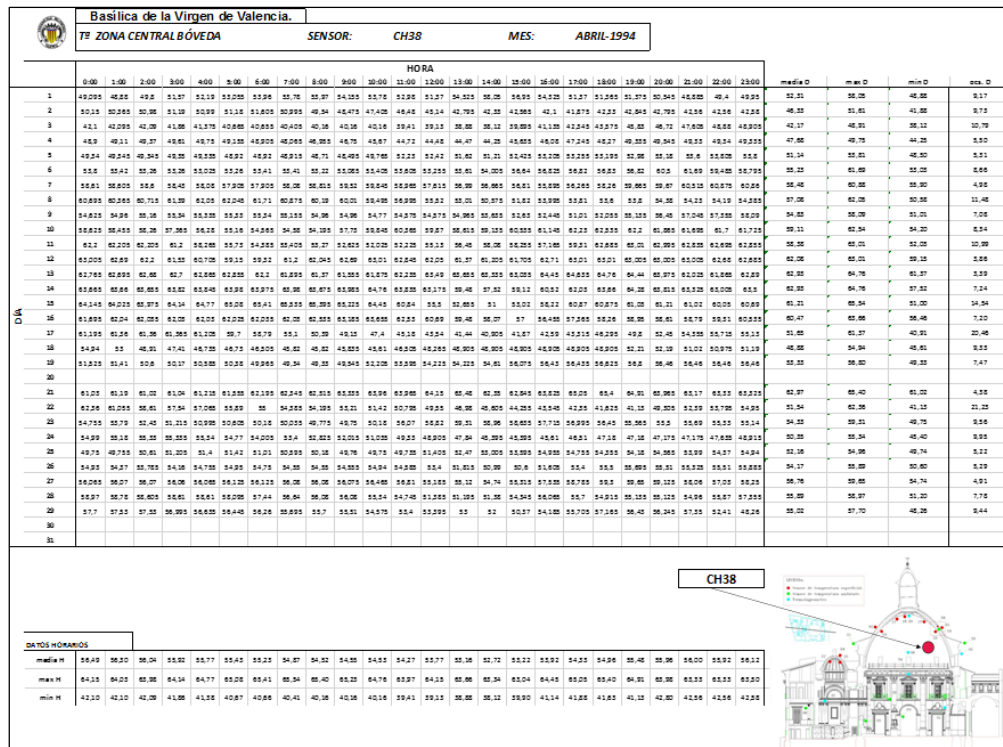


Figura 1.22. Ejemplo de fichas resumen de datos estadísticos mensuales Basilica de la Virgen 1994 (superior) e Iglesia de San Nicolás 2015 (inferior).

En la figura 1.23 se representa el resumen de los parámetros estadísticos anuales, estacionales y mensuales de los datos recogidos por un sensor combinado de temperatura y humedad relativa. Se incluyen además los histogramas de frecuencias y las gráficas de evolución de valores medios, máximos y mínimos mensuales.

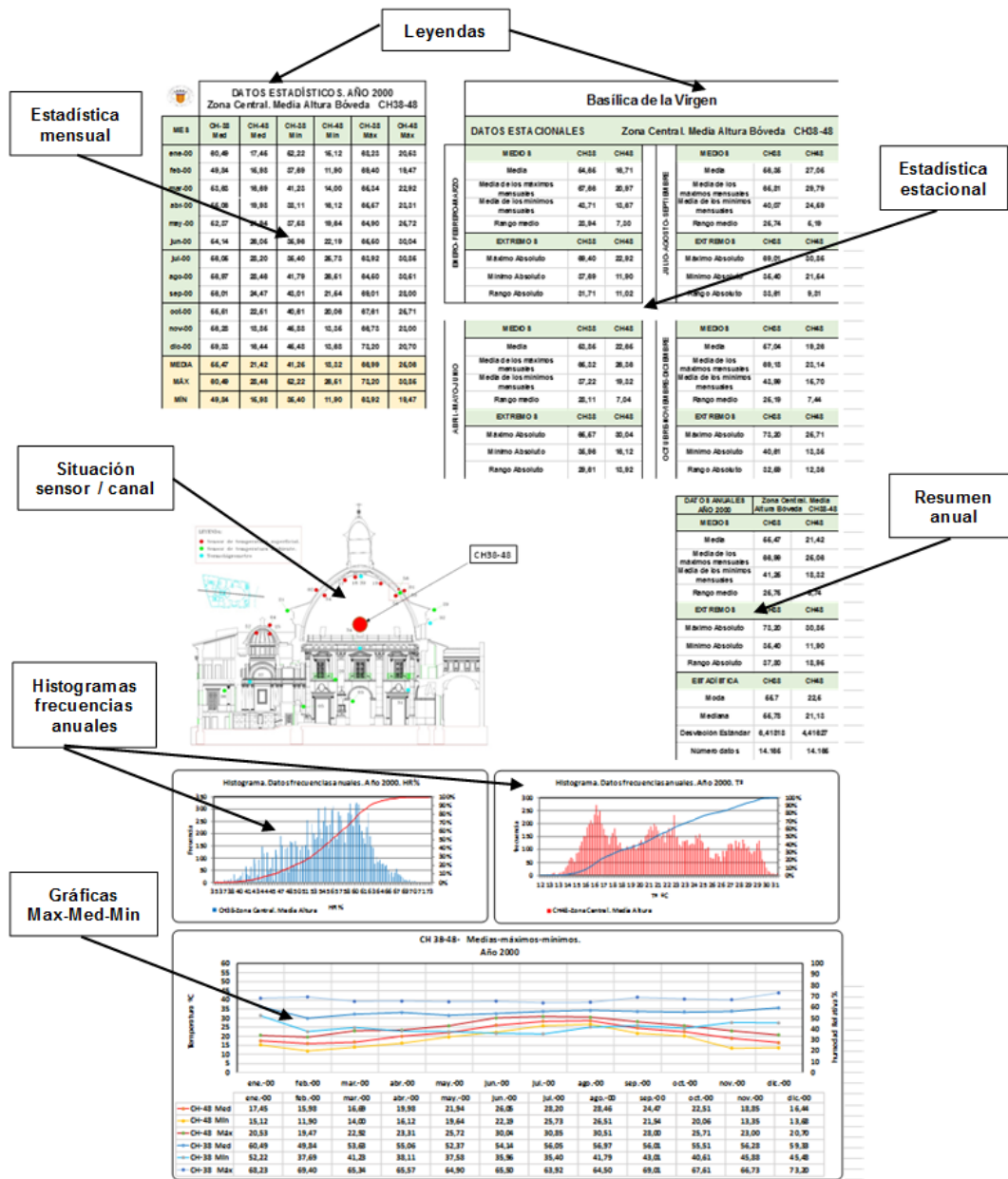


Figura 1.23. Ejemplo de ficha resumen de datos estadísticos anuales correspondiente a un sensor combinado de temperatura y humedad relativa. Basílica de la Virgen.

Gráfica mensual 3D.

De las tablas mensuales (figura 1.22) se derivan, entre otras, gráficas en tres dimensiones, donde podemos visualizar la evolución temporal de un parámetro, atendiendo a su variación horaria y diaria, observando claramente tendencias y fluctuaciones. Figura 1.23 y 1.24.

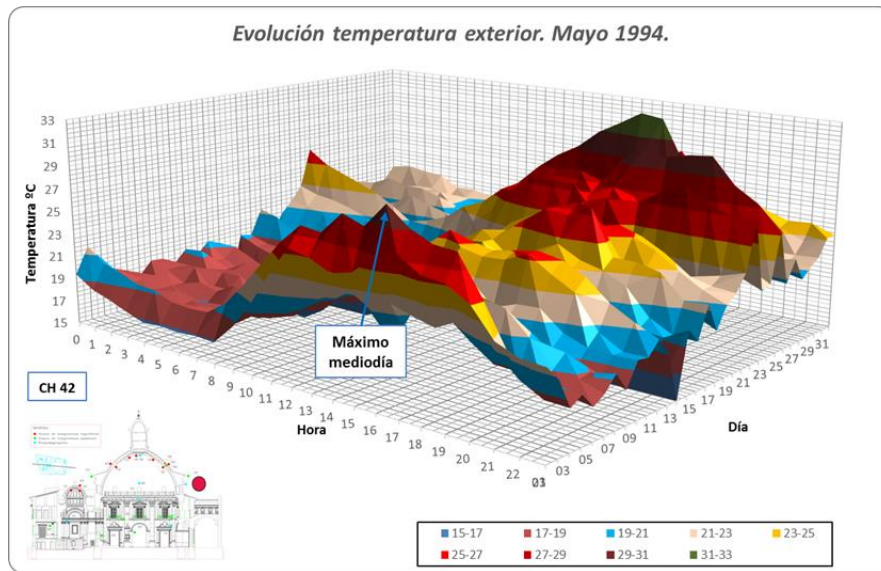


Figura 1.24. Ejemplo de gráfica 3D de la temperatura exterior de la Basílica de la Virgen.

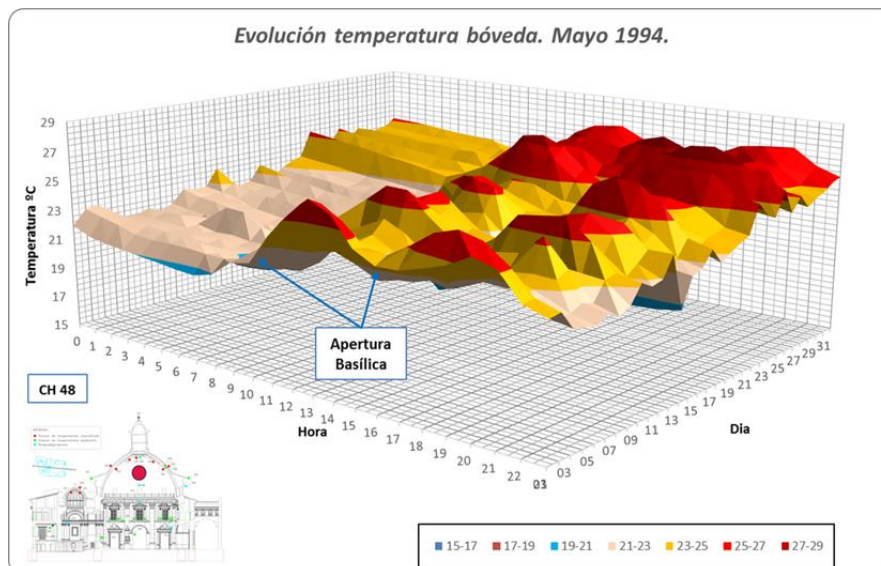


Figura 1.25. Ejemplo de gráfica 3D de evolución de la temperatura interior de la bóveda de la Basílica de la Virgen a lo largo de un mes.

Gráfica de evolución.

Con la representación gráfica de la evolución temporal de los parámetros, detectamos las situaciones extremas y las relaciones entre diferentes puntos de medición, mediante la superposición de varias curvas. Como ejemplo, en la gráfica de la figura 1.26 se representan las curvas de evolución por superposición de la humedad específica exterior, del trasdós de la cubierta y del interior de la Iglesia de San Nicolás en el periodo julio-agosto de 2015.

A lo largo de los siguientes capítulos emplearemos esta representación para evaluar la capacidad de amortiguación de la envolvente de los edificios y analizar posibles casos de riesgos ambientales sobre los elementos ornamentales (condensación, cristalización de sales, deposición de partículas, etc.). Para aportar el máximo de información, en cada gráfica se incluirá un pequeño plano de situación de los sensores representados, así como las leyendas y anotaciones necesarias para la comprensión de análisis realizado.

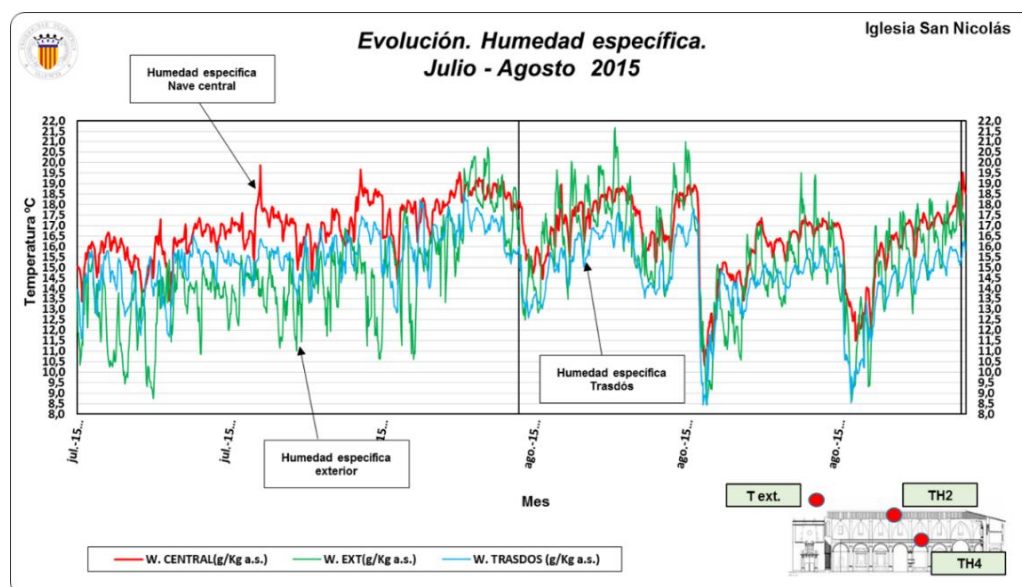


Figura 1.26. Ejemplo de gráfica de evolución. Humedad específica Iglesia San Nicolás.

Gráfica de nube de puntos.

Describir una distribución bidimensional es representar los pares de valores en el plano cartesiano. El gráfico obtenido recibe el nombre de nube de puntos o diagrama de dispersión. Su interés estriba en que nos dará una primera impresión de la dependencia entre las variables y la tendencia de la relación entre ambas.

Estas gráficas nos servirán de complemento para los análisis de riesgos comentados, obteniendo por cálculo los porcentajes temporales de valores en determinados rangos. Por ejemplo en la gráfica de la figura 1.27, se representan los valores HR-T^a del ambiente exterior de la Iglesia de San Nicolás en el periodo de octubre de 2014 a septiembre de 2015. Marcando los límites que deseemos acotar, se calcula el porcentaje de valores dentro y fuera de este rango.

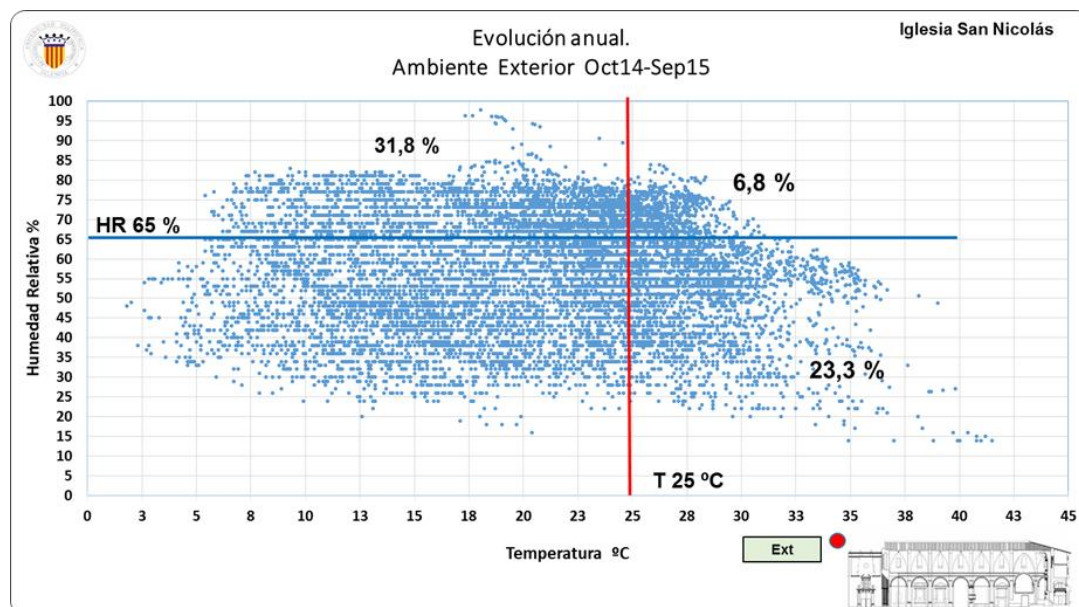
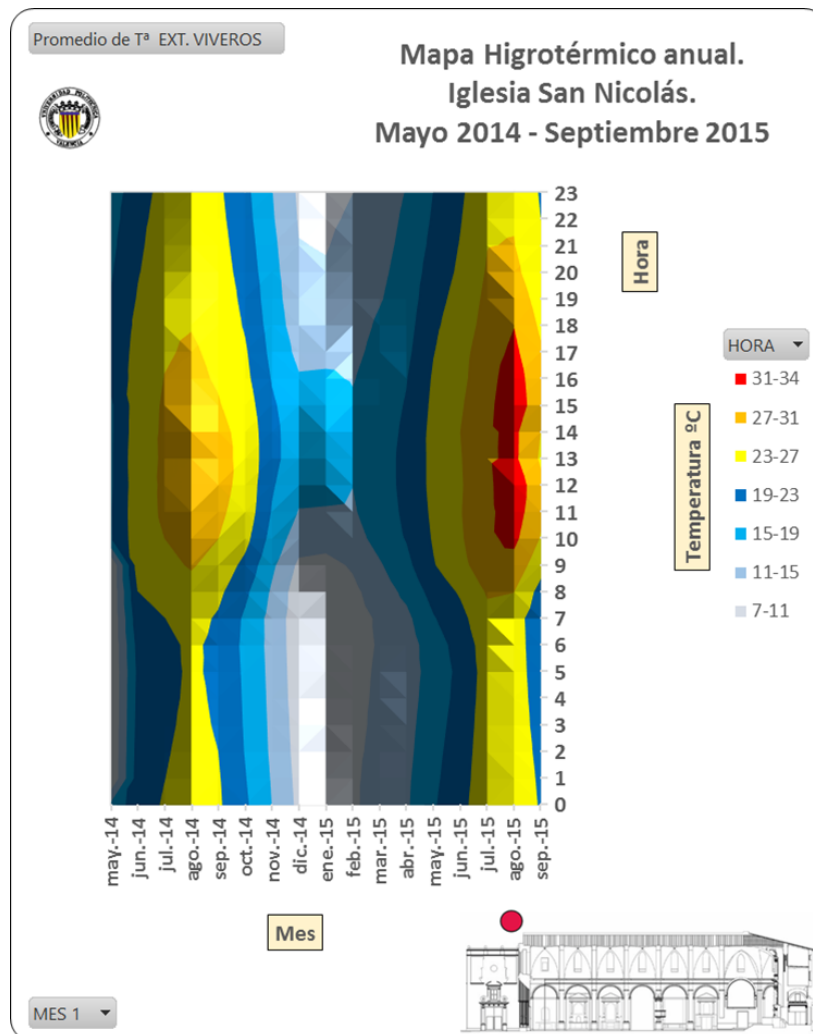


Figura 1.27. Ejemplo de gráfica de nube de puntos.

Gráfica mapa 2D.

De la unión de tablas mensuales, se derivan también gráficas en dos dimensiones, donde podemos visualizar la evolución temporal de un parámetro, atendiendo a su variación horaria combinada con periodos mensuales o anuales, observando claramente tendencias y fluctuaciones estacionales. En la gráfica de la figura 1.28 se representa la evolución de la temperatura exterior de la Iglesia de San Nicolás, atendiendo a la variación horaria a lo largo de los meses de mayo de 2014 a septiembre de 2015. Se observan claramente los periodos estivales (rojo-amarillo) e invernales (azul-blanco), con los valles y crestas característicos de la evolución diaria (mayores temperaturas en las horas centrales del día).



Histograma de frecuencias.

Los histogramas son diagramas de barras verticales en los límites de cada clase. El fenómeno de interés se despliega a lo largo del eje horizontal; el eje vertical representa el número, proporción o porcentaje de observaciones por intervalo de clase, dependiendo de si el histograma, es un histograma de frecuencia, un histograma de frecuencia relativa o histograma de porcentaje. Emplearemos principalmente el histograma de frecuencias, que en nuestro caso nos aportará una visión cuantitativa de los datos medidos. Atendiendo a la cadencia de lectura de los datos mediante el sistema de monitorización, esta representación gráfica nos será muy útil para cuantificar, en número de horas, los valores fuera de un rango determinado.

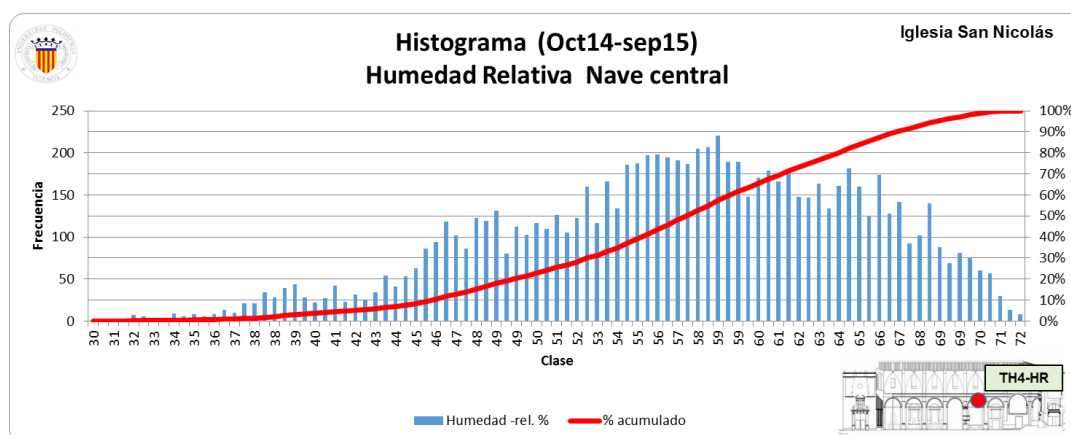


Figura 1.29. Ejemplo de histograma de frecuencias.

1.4.- El clima de la Comunidad Valenciana.

El clima de la Comunidad Valenciana destaca por su benignidad y la escasez pluviométrica. Los periodos de tiempo frío son poco frecuentes y de escasa intensidad, registrándose unos totales pluviométricos inferiores a los que caracterizan otros climas mediterráneos de latitudes parecidas.

El clima Mediterráneo de la ciudad de Valencia es suave y húmedo, con una temperatura media anual de unos 18°C. Valencia posee un clima sin temperaturas extremas, oscilando entre los 11°C de media del mes de enero a los 26°C del mes de julio. Los meses más lluviosos son octubre y noviembre, los más fríos enero y febrero y los más calurosos julio y agosto. Valencia cuenta con más de 300 días de sol al año.

1.4.1.- La temperatura.

La temperatura mediana de Enero fluctúa alrededor de los 10°C y de Julio a Agosto se aproxima a los 25°C. Un aspecto destacado es la elevada humedad relativa del período veraniego y el frecuente régimen de brisas marinas, que suaviza las temperaturas y aumenta la humedad del aire.

Las diferencias de radiación solar a lo largo del año determinan el ascenso y descenso rítmico de la temperatura del aire. En consecuencia, las temperaturas medias diarias tendrían que coincidir, la máxima con el solsticio de verano (21 de Junio), y la mínima con el de invierno (21 de Diciembre).

En verano, la temperatura marina máxima se da en Agosto, y por su influencia a través de las brisas, es en la primera quincena de este mes cuando se alcanzan las temperaturas medias más elevadas en la mayoría de las comarcas, con el retardo correspondiente respecto al máximo solar. La temperatura mínima marina se da por Febrero, dos meses después del solsticio de invierno, pero a causa de la inexistencia de brisas de importancia, la influencia en las temperaturas es poco

importante y el retardo térmico es menor. Los valores medios más bajos se dan en la primera quincena de Enero en toda la región.

El análisis de la evolución gradual de las temperaturas a lo largo del año, tiene más sentido si se comparan los datos de temperatura media en períodos cortos de 15, 10 o 5 días, donde se pueden observar mejor las posibles oscilaciones y cambios bruscos de la gradación. La evolución térmica en períodos de 10 días muestra que la recuperación de las temperaturas, luego del mínimo anual, es lenta y gradual hasta la culminación por Julio o Agosto. En este ascenso podemos distinguir dos períodos: El primero se produce en Febrero hasta el comienzo de Marzo, donde se producen descensos de temperatura en algunos observatorios. Un segundo momento se registra desde Abril hasta primeros de Mayo. Después del máximo anual, el descenso de las temperaturas es un poco más rápido, y llega hasta finales de Enero, momento en que se registran las temperaturas más bajas del año. En la figura 1.30 se representa la gráfica de evolución de las temperaturas máximas y mínimas y precipitación, en medias mensuales del periodo 2000-2010.

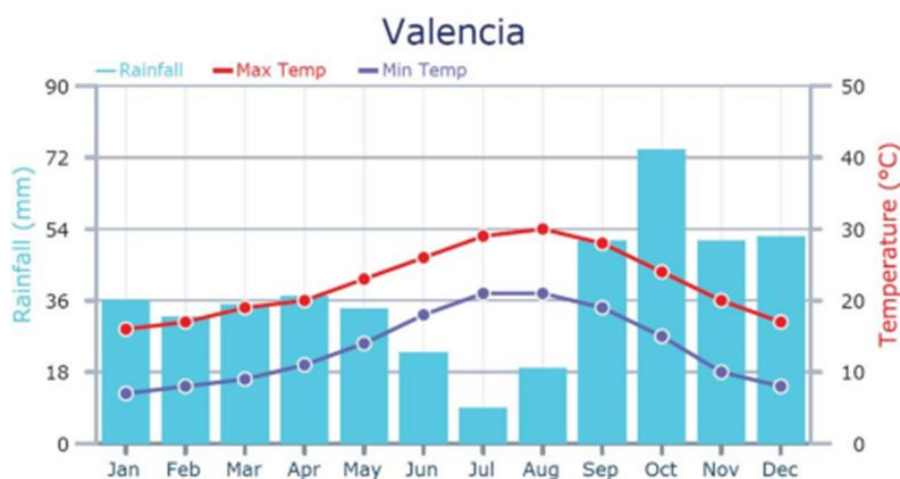


Figura 1.30. Evolución anual promedios mensuales. Temperatura y precipitación. Años 2000-2010. Fuente AEMET.

1.4.2.- La humedad.

Con el estudio higrométrico de regiones se obtiene el ritmo diurno y estacional. De día tiende a aumentar la humedad absoluta y a disminuir la relativa y de noche sucede lo contrario. A escala anual, en verano será mayor la humedad absoluta y menor la relativa y en invierno la humedad relativa se aproxima con frecuencia a la saturación y la absoluta será baja.

Las medias mensuales de humedad relativa, en la franja costera, oscilan entre márgenes estrechos: un 62% en Marzo y un 74% en Octubre. Se refleja así el equilibrio entre evolución térmica y el ritmo de brisas diurnas (más frecuentes en meses cálidos) y también la acumulación gradual de aire húmedo en la cuenca mediterránea durante los meses centrales del año. Las situaciones de máxima humedad absoluta se producen en verano, que unido a corrientes de aire cálido en todos los niveles y a una fuerte estabilidad, se evita la dispersión de la humedad por convección.

1.4.3.- Niveles en la ciudad de Valencia.

En términos generales se observa que los valores medios de la ciudad de Valencia (estación meteorológica de Los Viveros), son aproximadamente un grado más elevados que el resto de pequeños pueblos de la Huerta Norte y probablemente se aproximarán o superaran los 2°C de diferencia respecto a zonas totalmente rurales de la zona. Además, la evolución térmica diurna, comparando campo-ciudad, ofrece diferencias mucho más marcadas. En un día normal, con cierta estabilidad atmosférica y circulación más o menos intensa de brisas (alrededor de 1/3 de los días del año), la evolución de los patrones térmicos de la ciudad muestra lo siguiente: Figura 1.31.

- Durante la madrugada, se observa una " isla de calor " con una intensidad de unos 2-3°C, con puntos más cálidos en el centro de la ciudad y el núcleo urbano del puerto.

- Con la salida del sol aparece una isla térmica fría en el centro de la ciudad, ya que por efecto de las sombras se mantiene con temperaturas más bajas que el campo de alrededor, ya bajo la radiación solar.
- Con el inicio de la brisa se produce un cambio brusco a un patrón de isotermas paralelas a la costa, que son ligeramente modificadas por el efecto térmico de la ciudad, la llamada " isla de calor ", que no llega a imponerse al patrón de las brisas.
- Con el ocaso se restituyen rápidamente, en dos o tres horas, el patrón térmico concéntrico de la isla de calor, que se mantiene o intensifica durante la noche. La ciudad es siempre más cálida que los alrededores. En días excepcionales, las diferencias térmicas campo-ciudad llegan a los 10°C. Las diferencias medias máximas entre el centro de la ciudad y la huerta inmediata llegan a superar los 3°C y hasta 4°C si nos alejamos un poco más de la ciudad.

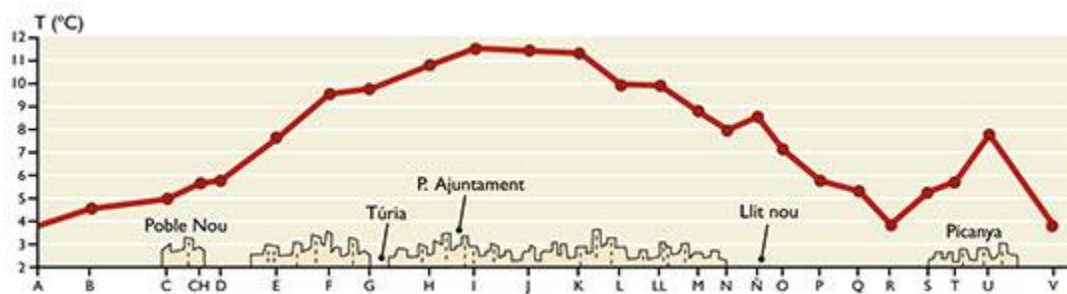


Figura 1.31. Perfil térmico N-S de Valencia y alrededores, el día 13 de febrero de 1989. El efecto de "isla térmica nocturna" de la ciudad es de unos 8°C, diferencia entre los 4°C de la periferia rural y los cerca de 12°C del centro de la ciudad. (Pérez Cueva, 1994).

1.4.4.- Niveles ambientales exteriores en la ciudad de Valencia.

Para la investigación realizada se han recopilados datos de temperatura, humedad relativa y precipitación, proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología AEMET, procedentes de varias estaciones de registro. Entre ellas se ha seleccionado la situada en los Jardines de Viveros de la ciudad de Valencia, por estar próxima a los edificios históricos objeto de análisis. Figura 1.32.

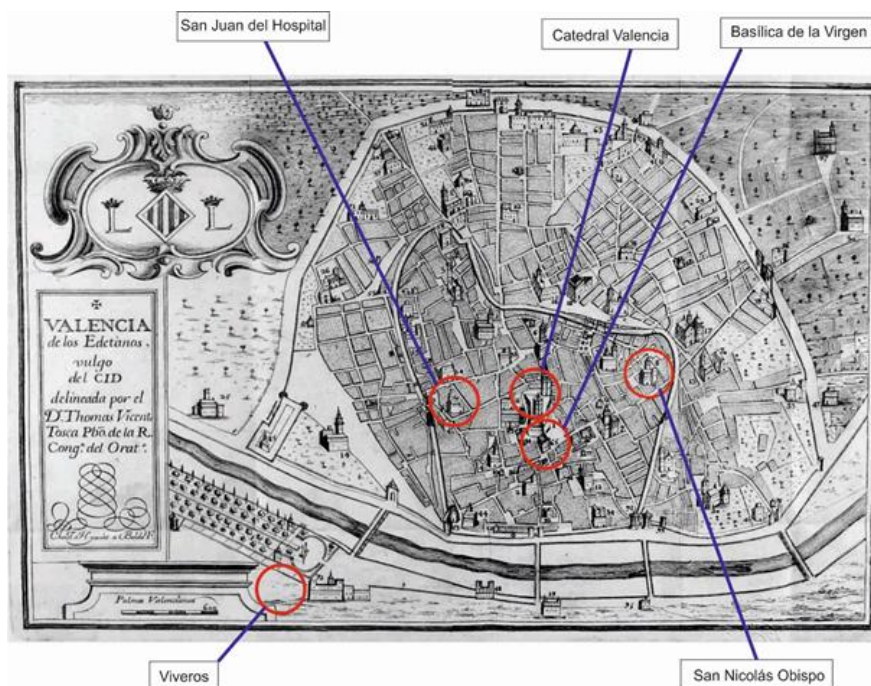


Figura 1.32 .Situación de edificios históricos analizados y estación meteorológica de Viveros.

A lo largo del trabajo se emplearán los datos de esta estación meteorológica referidos a:

- Al periodo mayo 2014 a septiembre 2015 representados en la figura 1.33. en forma de nube de puntos, empleando parejas de valores horarios de HR y T^a, con un total de 11.700 valores.
- Datos históricos de temperaturas y humedad relativa medias mensuales del periodo 1981-2010. Figura 1.34.

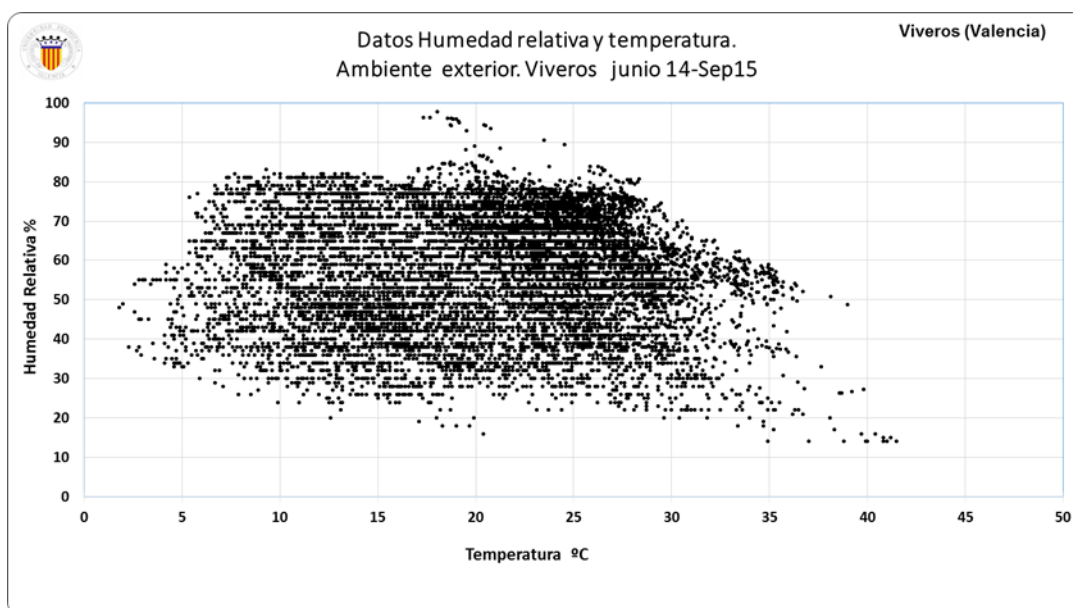


Figura 1.33. Distribución de temperatura y humedad relativa del ambiente exterior de la Ciudad de Valencia del periodo junio14 – sep15.

DATOS HISTORICOS	AEMET			
1981-2010	T (Ref)	TM	Tm	HR (Ref)
ENE	11,8	16,4	7,1	64
FEB.	12,5	17,1	7,8	64
MAR.	14,4	19,3	9,6	63
ABR.	16,2	20,8	11,5	62
MAY.	19	23,4	14,6	65
JUN.	22,9	27,1	18,6	66
JUL.	25,6	29,7	21,5	67
AGO.	26,1	30,2	21,9	68
SEP.	23,5	27,9	19,1	67
OCT.	19,7	24,3	15,2	67
NOV.	15,3	19,8	10,8	66
DIC.	12,6	17	8,1	65
MEDIA AÑO	18,3	22,8	13,8	65

Figura 1.34. Distribución de temperaturas medias mensuales de la ciudad de Valencia del periodo 1981-2010.

Adjuntamos además en la figura 1.35 y 1.36 la evolución general de la temperatura y la humedad relativa exterior del periodo mayo 2014 a septiembre 2015, según los datos facilitados por AEMET, correspondiente a las estaciones meteorológicas de Viveros y Universidad Politécnica de Valencia. Indicando las medias del periodo representado: 20,56°C y 57,3%.

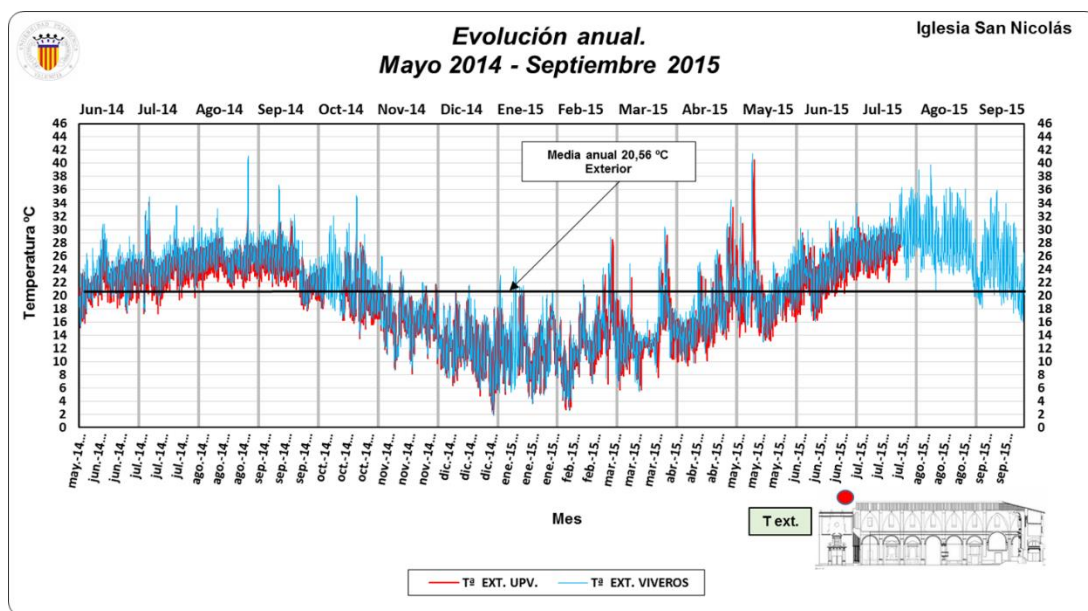


Figura 1.35. Evolución de temperatura exterior del periodo mayo14 – sep15. Viveros y UPV

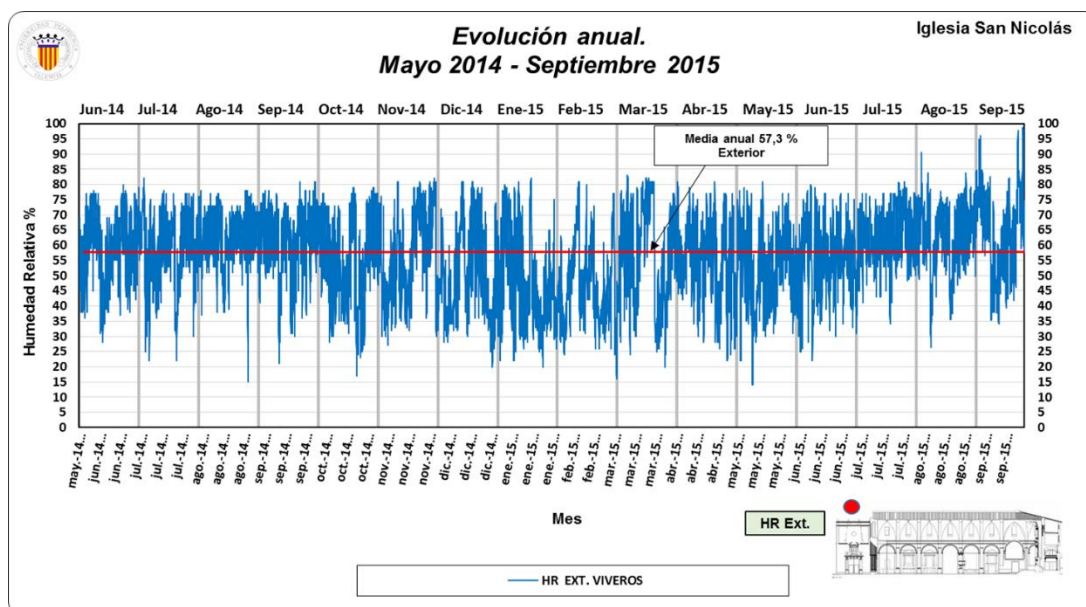


Figura 1.36. Evolución de humedad relativa exterior del periodo mayo14 – sep15. Viveros.

1.4.5.- El fenómeno de isla de calor

Este fenómeno conocido en inglés como Urban Heat Island (UHI), se define como la anomalía térmica positiva en la parte central de las ciudades por contraste con la periferia. A menudo presenta forma concéntrica con las isothermas, alrededor del centro del área urbana, con preferencia en su mayor desarrollo en las horas nocturnas (J. Martínez, 2014). Si existe un río atravesando las ciudades pueden aparecer diferentes islas separadas por este elemento físico. Figura 1.37.

Varios autores han coincidido en describir las principales causas que contribuyen a generar este fenómeno. Entre otras destacaremos:

- Mayor almacenamiento del calor durante el día en la ciudad, debido a las propiedades térmicas de los materiales de construcción urbanos y la devolución de calor acumulado a la atmósfera durante la noche. Este diferente enfriamiento diferencial explica la mayor intensidad nocturna del fenómeno.
- La disminución de la evaporación debido al suelo asfaltado o pavimentado y la rápida escorrentía de las aguas caídas luego de un episodio de lluvias.
- Menor pérdida del calor sensible, debido a la reducción de la velocidad del viento al impactar contra las estructuras de la ciudad.
- Aumento de la absorción de radiación solar, debido al efecto de captura que produce la geometría que presentan las calles y los edificios y que contribuye además a un albedo bajo.
- Reducción del factor de visión del cielo, disminuyendo la pérdida de calor durante la noche por irradiación.

La isla de calor presenta durante el día la intensidad mínima, incluso puede que el ámbito de la ciudad se mantenga a menor temperatura que el rural. Por el contrario, la anomalía positiva de temperatura es máxima en la ciudad a las horas nocturnas, generalmente después de la puesta del sol.

En cuanto al ritmo estacional, la isla de calor se intensifica en invierno con situaciones de calma anticiclónica y escasa nubosidad o bien con vientos débiles y cielos despejados o poco nubosos

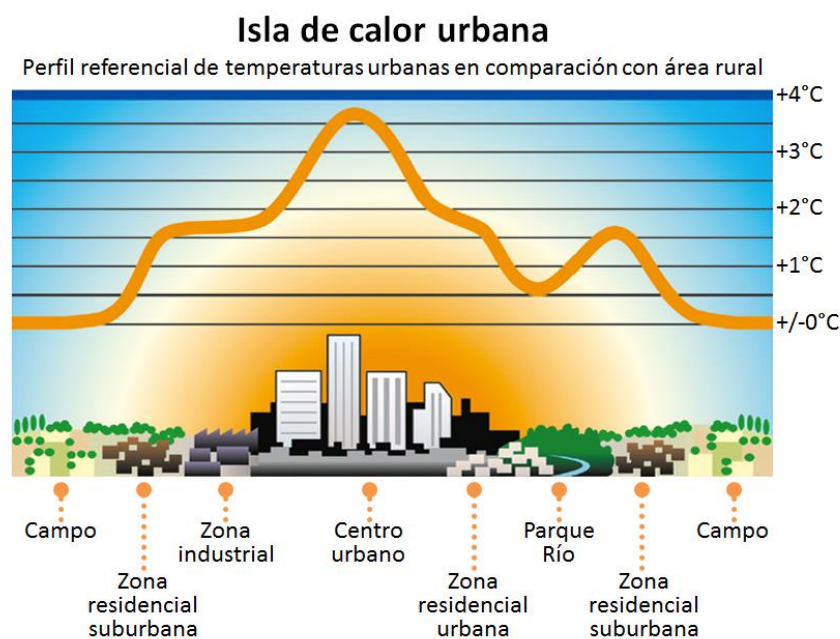


Figura 1.37. Perfil de temperaturas con isla de calor. (J. Martínez, 2014).

Olas de calor.

Desde hace ya varios años estamos observando que el clima templado va sufriendo cambios de forma gradual, llegando a tener similitudes con otros climas subtropicales. La separación entre estaciones seca y húmeda es cada vez más evidente, sufriendo episodios de fuertes lluvias en pocas horas con volúmenes de precipitación similares a los recogidos en periodos de tiempo mucho más largos.

En este sentido analizaremos las olas de calor sufridas en Valencia en los meses de mayo y julio de 2015 y su efecto sobre los niveles y fluctuaciones de los parámetros termohigrométricos en el ambiente interior de la Iglesia de San Nicolás.

Adjuntamos un mapa mundial correspondiente a los registros extremos de temperatura sufridos durante el mes de julio de 2015, confeccionado por el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Figura 1.38. Comprobamos como la mitad sur de España queda dentro de los parámetros de record de calor durante el mes de julio 2015.

Según el NOAA, a finales de este año 2015 superaremos el listón de un grado con respecto a la temperatura de la Tierra en la era preindustrial (15 grados). 2015 ha pasado ya a la Historia como el más caluroso jamás registrado

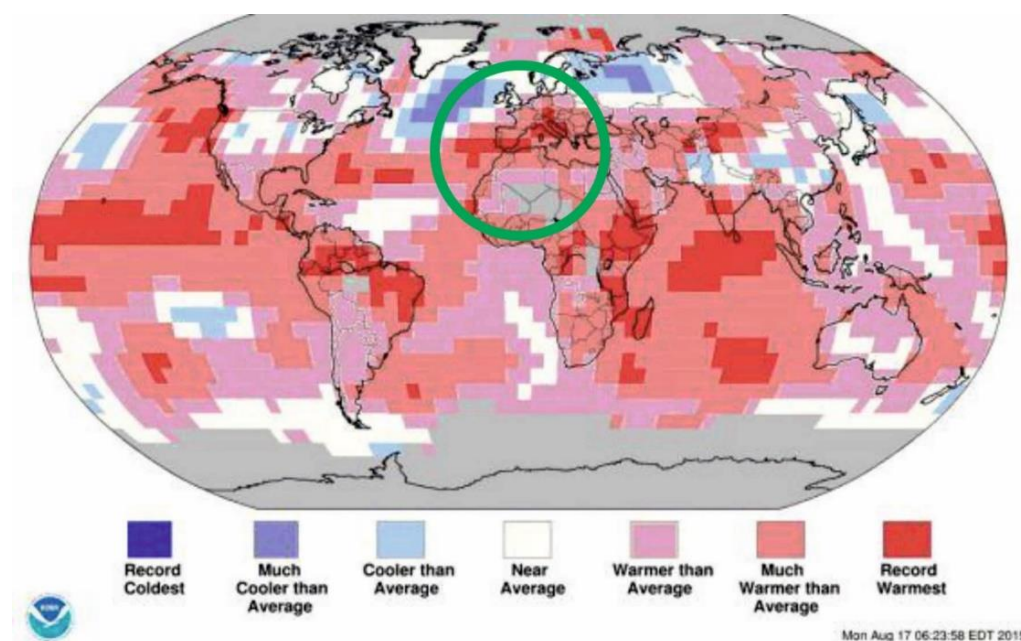


Figura 1.38. Mapa mundial de records de temperaturas extremas en el mes de julio de 2015.

Fuente NOAA.

CAPÍTULO 2



CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES SOBRE BIENES CULTURALES.

2.1.- Introducción.

2.2- Técnicas de preparación. Descripción de materiales soporte en pintura mural.

2.3.- Influencia de la humedad en las preparaciones y soportes.

2.4- Biodeterioro.

2.5- Deposición de partículas y contaminación ambiental.

2.5.1.- Efecto de gradientes termohigrométricos desfavorables. Mecanismos de deposición de contaminantes sobre superficies.

2.5.2.- Partículas y contaminación ambiental.

2.6.- Normativa específica para conservación preventiva.

2.6.1.- Norma UNE.

2.6.2.- Norma UNI.

2.6.3.- ASHRAE.

Es imposible fijar valores exactos o rangos específicos de parámetros ambientales óptimos para cada objeto y/o material, con fines de Conservación Preventiva de los mismos. Para cada Bien Cultural tanto mueble como inmueble, es importante determinar de forma prioritaria el microclima histórico en el que ha estado inmerso, tanto si el clima es natural (influido por el exterior, por asistencia de visitantes, etc.), como si hay control activo del ambiente (calefacción, climatización, humidificación, ventilación, etc.).

En cualquier proyecto de Conservación Preventiva del Patrimonio Histórico-Artístico debe tenerse en cuenta el concepto de aclimatación de los Bienes Culturales al microclima histórico. En este capítulo describiremos los principales riesgos a los que están sometidos los Bienes Culturales debido al ambiente degradado, atendiendo a normativas y recomendaciones de otros autores. Como veremos en este y siguientes capítulos, es posible establecer los principios generales que deben seguir los responsables de conservación y técnicos para una correcta conservación del Patrimonio Cultural.

2.1.- Introducción.

Los diversos materiales constitutivos de los Bienes Culturales tienen respuestas diferentes a las condiciones termohigrométricas y variabilidad ambiental. Podemos separar en tres categorías los materiales:

- de naturaleza orgánica.
- de naturaleza inorgánica.
- compuestos

Algunos materiales deben ser conservados a bajas temperaturas, otros pueden sufrir estrés térmico acumulativo por fluctuaciones de parámetros higrométricos. Si la temperatura desciende lo suficiente pueden aparecer procesos de congelación y descongelación en materiales porosos que tienen un grado de saturación crítica. Niveles térmicos altos provocan la aceleración de procesos de deterioro, químico y biológico, especialmente en presencia de contaminantes en el aire y humedad. Una

humedad alta no solo es responsable del deterioro de una gran cantidad de materiales orgánicos como la madera y papel, sino también de otros de naturaleza inorgánica en que el riesgo de ataque biológico puede producirse especialmente cuando se asocia con $T > 20^{\circ}\text{C}$.

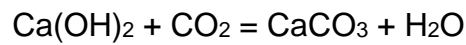
En el caso particular de las pinturas murales, estas forman parte indivisible del edificio que las alberga, por ello la interacción con el exterior y la variabilidad del ambiente que rodea las pinturas es causa directa de alteraciones en los elementos ornamentales. En una primera clasificación podríamos hablar de interacciones entre: ambiente interior, ambiente exterior y terreno, todos ellos respecto a la pintura mural. La interacción entre el ambiente interior y la pintura mural provoca los calentamientos y enfriamientos de los paramentos, procesos de absorción y exudación de vapor, etc. Como veremos, la interacción con el exterior define las variables de estacionalidad, y la influencia de los usos de los espacios interiores definen las fluctuaciones a corto plazo.

Los valores de referencia de parámetros ambientales que presentamos en este capítulo, deben entenderse como recomendaciones en ausencia de reglamentos específicos o norma y siempre supervisados por los técnicos conservadores responsables.

2.2- Técnicas de preparación. Descripción de materiales soporte en pintura mural.

En la técnica de pintura mural denominada “fresco”, la pintura se ejecuta sobre un enlucido fresco y húmedo de manera que los pigmentos se fijan por carbonatación de la sal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (hidróxido de calcio), contenida en el revoque a base de arena y cal apagada, el cual constituye el aglutinante de la pintura. En el proceso de fraguado que produce la carbonatación, al reaccionar la cal con el dióxido de carbono (CO_2) del aire, se obtiene carbonato cálcico (CaCO_3), reteniendo en su red cristalina las partículas de pigmento.

Estos pigmentos quedan fijados formando parte íntegra del bloque de piedra caliza.



La reacción sucede desde la superficie del revoque hacia los estratos interiores. Parte del agua del revoque penetra según el grado de porosidad del material, evaporándose la que permanece en la superficie. Esta mezcla de cal apagada y arena, se realiza para reforzar el conjunto y reducir el efecto de encogimiento de la masa durante el secado. La proporción de arena aumenta conforme nos aproximamos al muro, siendo estas capas las más gruesas. Estas capas reciben diferentes nombres italianos tales como: “trullisatio”, “arenato”, “ariccio”, “intonaco” y por último la película pictórica. Figura 2.1.

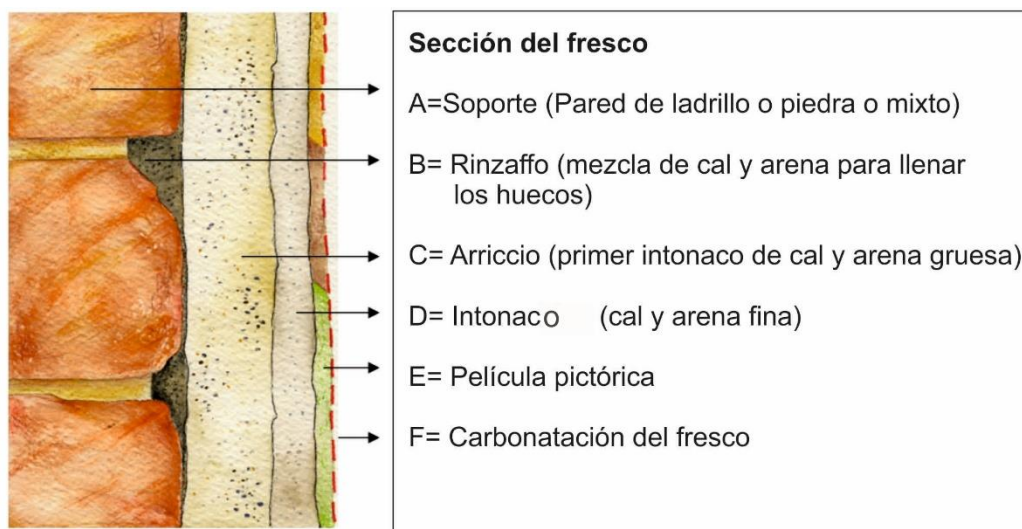


Figura 2.1. Sección del fresco mostrando los diferentes estratos.

Existen técnicas de pintura mural que emplean otros materiales como estratos de preparación, tales como el sulfato de calcio (yeso), revoques a base de arcillas, etc. En estos casos siempre debe existir un estrato superficial (intonaco) con mortero de cal y arena para obtener los efectos de carbonatación antes descritos. En la Figura 2.2, podemos ver las características de la pintura al fresco de A. Palomino en la Basílica de la Virgen.

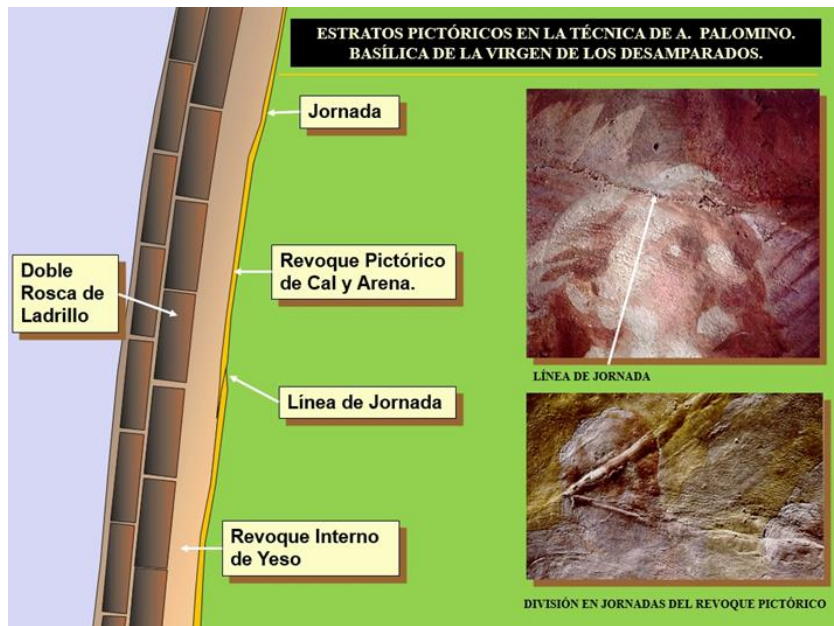


Figura 2.2. Estratos pictóricos en el fresco de A. Palomino. Basílica de la Virgen.

En la pintura al fresco se debe pintar sobre el revoco aún húmedo. Los pigmentos, habitualmente de origen mineral, se mezclan tan solo con agua y una vez depositados sobre el revoco serán fijados o aglutinados por la cal de este al carbonatar. La diferencia del fresco con otras técnicas de pintura mural como el óleo o el temple, es que en estas se aplican los pigmentos aglutinados con materias orgánicas, mientras que en el fresco se aplica primero el aglutinante (la cal) y luego el pigmento. Uno de los principales inconveniente de la pintura al fresco es que no permite rectificar, salvo que se elimine el enlucido y se vuelva a pintar o que se corrija con otra técnica.

Al necesitar que el revoco esté húmedo al aplicar el color, solamente se enlucé la superficie que se vaya a pintar ese mismo día, por eso a esta zona se la denomina jornada o *giornata*. Su extensión varía en función de la dificultad de la composición pictórica. Figura 2.3.

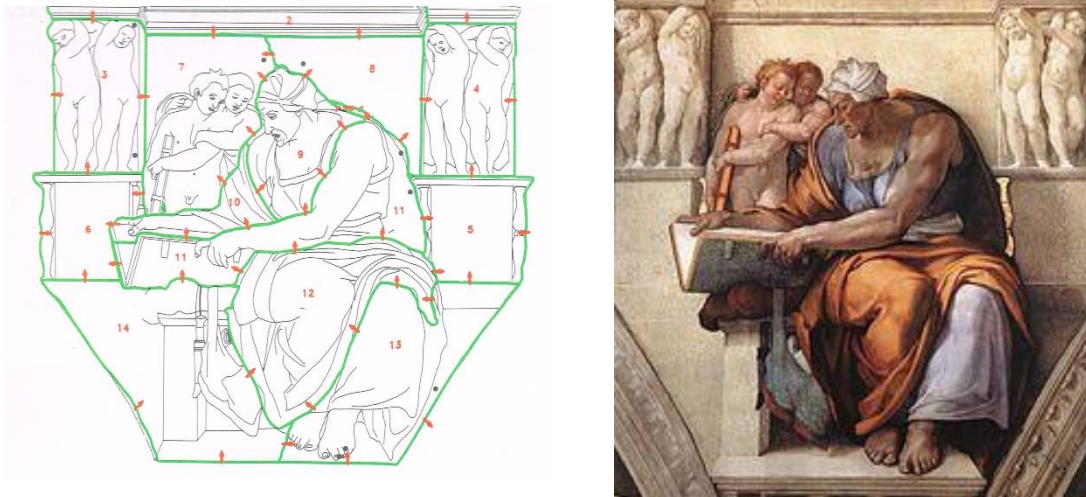


Figura 2.3. Diagrama de jornadas (giornata) de la pintura de la Sibila Cumana de la Capilla Sixtina, e imagen real.

Las pinturas murales y una gran parte de elementos ornamentales están formadas por componentes mayormente inorgánicos, aunque también los orgánicos tales como pigmentos y aditivos, pueden ser degradados.

2.3.- Influencia de la humedad en las preparaciones y soportes.

Frente a la humedad los materiales constituyentes de la obra de arte presentan un comportamiento definido por su microestructura, y entre otras características, por su porosidad. Esta porosidad está presente tanto en materiales orgánicos como inorgánicos y son susceptibles de sufrir la acción de deterioro de los agentes externos, directamente proporcional tanto al rango y fluctuaciones de estos agentes, como a la geometría y porosidad. En este caso, los poros representan los huecos libres a ocupar por la humedad, los contaminantes y microorganismos.

Para que un material sea permeable es precisa la continuidad del sistema poroso. La permeabilidad al agua y al vapor de un material, junto a la velocidad a la cual difunde los posibles iones que acompañan a los fluidos, son los principales parámetros que regulan los mecanismos capaces de alterar los materiales, y por tanto, de influir en su durabilidad. La temperatura y el agua en forma líquida o vapor,

son parámetros muy importantes en cualquier reacción química, como la hidratación, la carbonatación, la sulfatación, etc., que producirán deterioros en los materiales. Estas reacciones químicas no se producen en ausencia de humedad. Otra variable importante es el tiempo que dura la humedad en contacto con el material, determinando en muchos casos el grado de deterioro.

En general el diagnóstico es complejo de realizar ya que las causas suelen ser múltiples. El origen de la humedad puede estar muy distante de donde aparecen los deterioros. El agua en su movimiento a través del terreno, muros y cubiertas, puede producir daños en cadena, por ejemplo, humedeciendo un muro por capilaridad, saturar la humedad relativa del ambiente interior, producir fenómenos de condensación, y lo más importante, transportar sales en su recorrido. Y por último la interacción con el terreno circundante y asiento de las edificaciones, provoca alteraciones relacionadas directamente con procesos de succión por capilaridad de agua, difusión de vapor en muros etc. Figura 2.4.

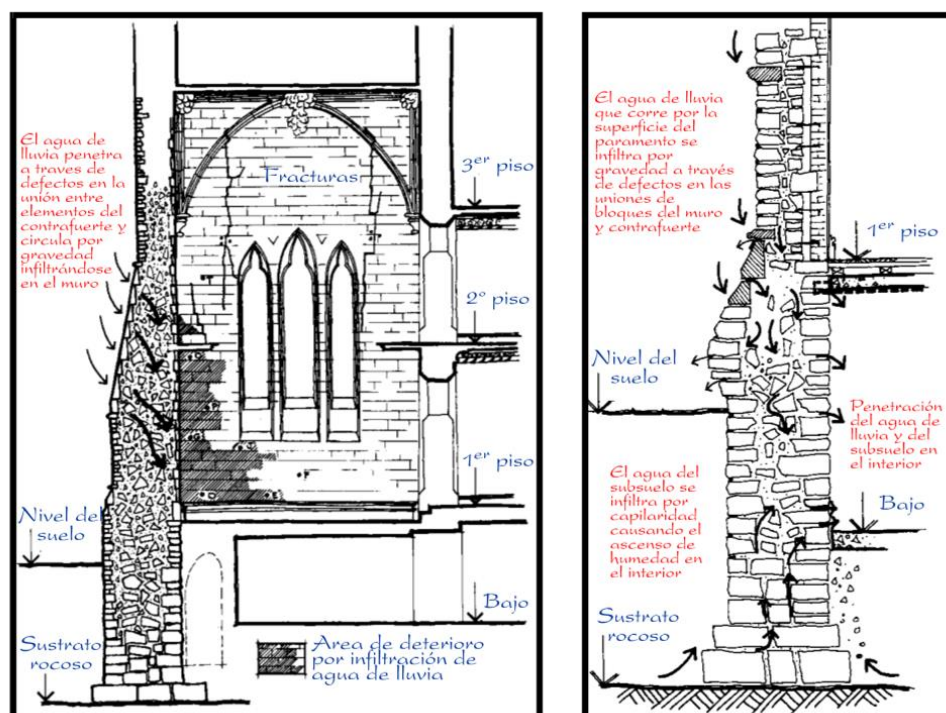


Figura 2.4. Esquema de circulación del agua de lluvia y del subsuelo a través de muros de edificios. Ejemplos tomados del Parlamento de Ottawa (1889-1867), según Blades y Stewart (en Ashurst y Dimes, 1990). A.G. Casco 2007.

2.3.1.- Influencia de la humedad en las pinturas murales.

La alteración de los materiales soporte de las pinturas murales, puede dar lugar a la formación de sales solubles que contribuyen a su vez al deterioro progresivo del material. Por otra parte, los materiales de construcción y los morteros de unión, normalmente contienen sales solubles que actúan también como agentes de alteración. Las pinturas murales son especialmente susceptibles a los daños causados por las sales ya que como hemos visto, la estructura de las mismas con finas capas de diferentes materiales y mezclas, es el lugar idóneo para la evaporación y absorción de humedad y la acumulación de sales.

Las sales que con más frecuencia se encuentran en los muros son: sulfatos, cloruros, nitratos y carbonatos de sodio, potasio, calcio o magnesio. Todas estas sales solubles tienen diversas procedencias, desde el depósito de contaminantes contenidos en la atmósfera, sales generadas por el metabolismo de organismos vivos, a partir de iones lixiviados de la alteración de rocas, morteros y ladrillos y habitualmente procedentes del suelo. (Grossi, Esbert, 1994).

Los sulfatos y nitratos proceden de la presencia de materia orgánica, bacterias del terreno y de la lluvia ácida. Los cloruros son aportados por el ambiente marino o terrenos cercanos al mar. Los carbonatos generalmente los aportan el cemento presente en morteros y hormigones, y en los edificios antiguos la cal empleada. Los carbonatos de Ca de las piedras y morteros pueden reaccionar con otras sales o soluciones acuosas, y a su vez, pueden ser productos resultantes de la reacción de otras sales.

Generalmente estas sales son solubles en agua. Si se produce la evaporación de estas disoluciones de sales de forma lenta, el residuo que queda, está constituido por una sustancia sólida en forma de cristales. El efecto de la cristalización de sales solubles es debido a una combinación de factores entre los que cabe citar, por una parte, el tipo y propiedades de la sal (cambios de solubilidad con la temperatura, coeficiente de expansión térmica, etc.), su concentración y el grado de sobresaturación alcanzado. Las propiedades del material así como el tamaño y

distribución de los espacios vacíos o discontinuidades, son definatorios de la capacidad de absorción de agua, la resistencia mecánica, etc. (Goudi et al, 1970)

En el proceso de hidratación-deshidratación de las sales solubles, los cristales varían de volumen. Cuando este proceso se realiza en la superficie del material nos encontramos ante la presencia de eflorescencias, apareciendo manchas blanquecinas. Si el proceso tiene lugar en el interior de los poros, se llaman criptoflorescencias o subeflorescencias, siendo esta situación más dañina, al producirse la rotura microestructural del material.

Las sales solubles más comunes encontradas en eflorescencias y subeflorescencias de los edificios históricos son *carbonatos*, *sulfatos*, *cloruros*, *nitratos* y *nitritos* de *sodio*, *potasio*, *calcio*, *magnesio* y *amonio*, con grados variables de hidratación (Tabla 2.1). Entre estas sales, algunas de las más comunes son el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), calcita (CaCO_3), epsomita ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), kieserita ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), halita (ClNa) y nitratita (NaNO_3). Adicionalmente los *oxalatos* de Ca (*whewellita* y *weddellita*,) se encuentran en bastantes edificios.

La aparición de alguna de estas sales se ha interpretado clásicamente como el resultado de la interacción de tratamientos superficiales antiguos (ceras y aceites naturales) con el sustrato pétreo, aunque existen bastantes evidencias de que también resultan de la actividad orgánica de microorganismos, particularmente líquenes (Del Monte, 1990).

Por otra parte, los sulfatos hidratados de Ca y Al, como ettringita ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$), y de Si, como thaumasita ($\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), se encuentra sobre todo como producto de degradación de morteros de cemento por ataque de soluciones sulfatadas. No obstante, estas sales pueden incidir en el ataque sobre las rocas y morteros de cal aérea o yeso si los muros han sido reintegrados con este tipo de aglomerantes. (A. G. Casco, 2007)

<u>Carbonatos</u>		<u>Sulfatos</u>	
Calcita	CaCO_3	Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Basanita	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$
Magnesita	MgCO_3	Epsomita	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Nesquehonita	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Hexahidrita	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Lansfordita	$\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Kieserita	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Hidromagnesita	$\text{Mg}_5[\text{OH}(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Dodecahidrita	$\text{MgSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Heptahidrita	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Darapskita	$\text{Na}_3(\text{SO}_4)(\text{NO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$
Natrón	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Miralbita	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Thermonatrita	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Thenardita	Na_2SO_4
Nahcolita	NaHCO_3	Arcanita	K_2SO_4
Trona	$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Bloedita	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	<u>Cloruros</u>	Syngenita	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Bischofita	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Görgeyita	$\text{K}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Antarcticita	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Aphthitalita	$\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$
Tachyhidrita	$\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Ettringita	
	$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	Thaumasita	
Halita	NaCl		
	$\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		
Silvita	KCl		
	<u>Nitratos</u>		<u>Oxalatos</u>
Nitrocalcita	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		
Nitromagnesita	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Whewellita	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$
Nitro amónico	NH_4NO_3	Weddellita	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Tabla 2.1. Sales solubles presentes como eflorescencias y subeflorescencias en edificio (Winkler, 1973, y Arnold y Zehnder, 1990).

Llegados a este punto podemos introducir el concepto de Humedad relativa de equilibrio de una disolución:

$$\frac{P(H_2O)_{ss}}{P(H_2O)_{sa}} = HReq$$

Donde $P(H_2O)_{ss}$ es la presión de vapor de agua de la disolución saturada, $P(H_2O)_{sa}$ es la presión de vapor de agua del aire saturado y $HReq$ es la humedad relativa del aire, en equilibrio con la disolución saturada. La condición de sobresaturación y precipitación se da cuando la humedad relativa del aire, en equilibrio con la disolución real es igual o menor, a la humedad relativa del aire en equilibrio con la disolución saturada.

$$HR \leq HReq$$

Así pues, en tanto en cuanto la humedad relativa del aire sea superior a la humedad relativa de equilibrio de la disolución, el soluto permanecerá en la disolución o la sal ya cristalizada, se re disolverá por reacción con el vapor de agua contenido en el aire. Solo si la humedad relativa del ambiente llega a ser inferior a la de equilibrio de la disolución saturada en una determinada sal, dicha sal cristalizará. Las variaciones de HR ambientales pueden generar ciclos de cristalización-disolución para cada sal, con independencia de las variaciones de temperatura. Las sales hidratadas son más susceptibles a cambios de la HR que las sales anhidras.

Dos son los mecanismos de alteración provocados por las sales. En el primero, la sal presente en el material atrae la humedad y en presencia de altos niveles de humedad relativa se convierte en una solución líquida, este fenómeno se denomina deliquesencia. Cuando la humedad vuelve a bajar, la sal recristaliza, ejerciendo presión sobre el material circundante. El segundo mecanismo de transformación de la sal, esta pasa de una forma cristalina a otra, a través de un cambio en el grado

de hidratación. El cambio de volumen puede ejercer una presión que causa daño en los materiales. La presión causada por la hidratación es por lo general más perjudicial que la de la deliquesencia. Estas transiciones tienen lugar en unos rangos particulares de temperatura y humedad.

Los ciclos de cristalización-deliquesencia se inducen por pequeñas variaciones de temperatura y humedad. La mirabilita y la epsomita experimentan cambios de fase de cristalización a la deliquesencia y viceversa con valores de HR cercanos al 83% HR (15-20°C). La deshidratación de la mirabilita se observa cuando la humedad relativa cae por debajo de 65% RH. La mirabilita muestra los cambios de fase más pronunciados y rápidos en respuesta a las variaciones del clima interior. La epsomita por el contrario responde de manera más lenta y débil. La hidratación de los sulfatos de Mg (Kiersita a hexadrita, a epsomita y a dodecahidrato) no es muy importante al no alcanzar altas presiones sobre la estructura porosa del material.

La cristalización de yeso se caracteriza por el crecimiento de nuevos cristales en las superficies, y se correlaciona con las pequeñas variaciones de humedad relativa de $\pm 2, 5\%$, dentro del rango 65 a 75% HR en el ambiente interior. Sin embargo, esto debe ser estudiado en detalle en cada caso particular. El yeso se considera como una sal muy agresiva, tanto por su frecuente uso en los materiales de construcción de muros y revestimientos, como por las presiones que puede llegar a desarrollar (A.G. Casco, 2007)

La deliquesencia de la halita sal (cloruro de sodio) se produce a 75,3% RH y es independiente de la temperatura. Se cuenta el número de transiciones a través del rango de $75.3 \pm 2\%$ de humedad relativa. La gama, en lugar de un punto exacto, se utiliza para evitar el exceso de conteo si las condiciones rondan el punto de transición y cambiar demasiado rápido para que la transición se lleve a cabo.

En la tabla 2.2 se presentan las humedades relativas de equilibrio con soluciones saturadas de distintas sales.

Sal	Tª.°C	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
Antarcticita	CaCl ₂ ·6H ₂ O	41.0	37.7	33.7			30.8	28.6	22.4
Bischofita	MgCl ₂ ·6H ₂ O	33.7	33.6	33.5	33.3	33.1	32.8	32.4	
Nitrocalcita	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	59.0	59.6	56.5	54.0	53.6	50.5	46.8	
Nitromagnesita	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	60.4	58.9	57.4	55.9	54.4	52.9	51.4	
Nitro amónico	NH ₄ NO ₃						61.8		
Nitratita	NaNO ₃		78.6	77.5	76.5	75.4	74.3	73.1	
Halita	NaCl	75.5	75.7	75.7	75.6	75.5	75.3	75.1	
Thenardita	Na₂SO₄						82.0	82.2	84.3
Silvita	KCl	88.6	87.7	86.8	85.9	85.1	84.3	83.6	
Epsomita	MgSO₄·7H₂O				86.9		90.1	88.3	88.0
Natrón	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O					96.5	97.9	88.2	83.2
Mirabilita	Na₂SO₄·10H₂O					95.2	93.6	91.4	87.9
Nitro (<i>salitre</i>)	KNO ₃	96.3	96.3	96.0	95.4	94.6	93.6	92.3	

Tabla 2.2. Humedades relativas del aire en equilibrio con soluciones saturadas de distintas sales (Arnold y Zehnder, 1990).

Durante la transición de la thenardita (Na₂SO₄) - mirabilita (Na₂SO₄·10H₂O), las presiones del sistema son del orden de 10 MPa, suficiente para disgregar estratos porosos, y son más rápidas que en el resto de las sales (Grossi et al., 2011). Pueden llegar a producirse procesos de hidratación-deshidratación varias veces al día. Estas presiones ocurren cuando la humedad relativa ambiental supera los valores descritos por la fórmula:

$$HR=0.87549T+59.11 \text{ donde } 0<T<22,5^{\circ}\text{C}$$

Esta ecuación representa la humedad de deliquesencia del sistema thenardita-mirabilita. Tiene validez con temperaturas ambientales entre 0°C y 22,5°C. Podrían emplearse hasta 30°C, pero una transición de fase diferente tiene lugar por encima de esta temperatura. Las mezclas de sales presentes en los materiales soporte varían en gran medida las condiciones del rango de HR para cambios de fase. Por lo tanto los cambios rápidos y frecuentes en el ambiente pueden causar probablemente episodios constantes de deliquesencia y cristalización y la consiguiente falta de cohesión con la pérdida de material.

En los capítulos 4 y 5 dedicados al análisis de riesgos de los elementos ornamentales de la Basílica de la Virgen y de la Iglesia de San Nicolás, se realizará un análisis de las condiciones ambientales para determinar los rangos de temperatura y humedad alcanzados, y relacionarlos con los parámetros determinantes para la cristalización y/o hidratación de las sales detectadas en los materiales de las pinturas murales. Emplearemos representaciones gráficas de los mismos para comparar y detectar situaciones de riesgo, en base a formulaciones de otros autores y límites propuestos por instituciones internacionales.

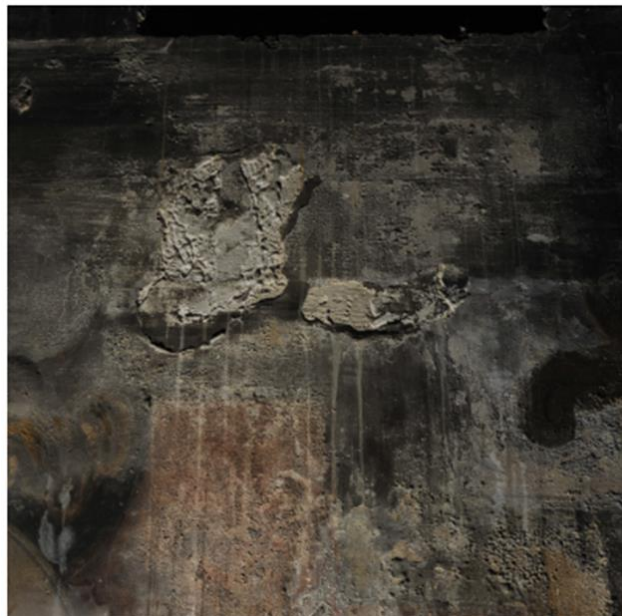


Figura 2.5. Eflorescencias salinas en superficie del fresco. Iglesia de San Nicolás.

2.4- Biodeterioro.

El biodeterioro fue definido como un cambio indeseable en las propiedades de un determinado material causado por la actividad de organismos vivos (Hueck, 1965). Desde hace siglos se ha hecho referencia a fenómenos de biodeterioro en monumentos y obras de arte, consolidando ese conocimiento con la aplicación de métodos científicos más avanzados. Desde mitad del siglo pasado, se han sistematizado estas investigaciones, publicándose diversos estudios relacionados con los aspectos biológicos de la alteración del patrimonio cultural, como:

- Bolívar Galiano, F. C. y J. García Rowe (1994). “Biodeterioro en la fuente del claustro principal del hospital de San Juan de Dios (Granada)”. Cuad. Art. Gr. N° XXV, pp. 197-205.
- Caneva G., G. de Marco y M. A. Pontrandolfi (1993). “Plant communities on the walls of Venosa castle (Basilicata, Italy) as biodeteriogens and bioindicators”. Conservation of stone and other materials: Vol. I, pp. 263-270.
- García Rowe J. y C. Sáiz Jiménez (1991). “Colonización y alteración de la piedra por líquenes, briofitos y plantas superiores en las catedrales de Salamanca, Sevilla y Toledo”. Jornadas sobre Restauración y Conservación de monumentos. I.C.R.B.C. Ministerio de cultura, pp. 71-79.

Dado que las obras de arte están constituidas por materiales orgánicos e inorgánicos, estos son susceptibles de albergar crecimiento microbiano cuando se dan las condiciones óptimas de temperatura y humedad. Esta proliferación de microorganismos es la responsable del consecuente biodeterioro que se produce en el proceso de transformación de un material llevado a cabo por organismos vivos, incluyendo los productos de su metabolismo.

El biodeterioro viene determinado por el tipo de especie biológica presente dependiendo de ciertos factores ambientales llamados “Factores Limitantes”. Éstos son principalmente factores estratigráficos y factores climáticos. Los factores estratigráficos se refieren a los materiales que constituyen la obra de arte o de los materiales posteriormente empleados para su conservación y restauración ya que son potenciales fuentes nutritivas para muchos organismos (Bolívar Galiano, 1995;

Romero-Noguera *et al.*, 2008, 2010a y 2010b). Los factores climáticos engloban múltiples factores como el agua, el pH, la presión osmótica, la temperatura, la composición del aire, el clima y la contaminación (Bosch, P. 2011).

Los principales agentes causantes del biodeterioro de las obras de arte son: bacterias, hongos, líquenes, algas y cianobacterias, musgos y hepáticas, plantas vasculares, insectos y animales vertebrados (Bolívar Galiano, 1995; Tiano, 2002). Los efectos de este biodeterioro son muy variados, desde manchas producidas por hongos, decoloraciones, eflorescencias producidas por bacterias, hasta disgregaciones y cambios de las propiedades físicas y químicas de los materiales. Destacan también la formación de pátinas por las algas líquenes y por último la proliferación de briofitos y plantas superiores.

Los microorganismos más extendidos son los hongos, los cuales representan un peligro muy importante y con frecuencia producen alteraciones visibles y deterioros de las obras de arte y monumentos, como: desarrollo de colonias, manchas oscuras, desprendimientos y levantamientos de la película pictórica. Los hongos pueden crecer perfectamente sobre sustratos orgánicos e inorgánicos y son de difícil eliminación debido a su gran extensión de crecimiento y multiplicación, alta actividad metabólica por la que pueden desarrollarse en muy variadas condiciones de temperatura y humedad, y alta capacidad para reaccionar al efecto de factores desfavorables (formación de esporas resistentes). Debido a la adaptabilidad metabólica de los organismos, podemos encontrarlos en multitud de Bienes Culturales sea cual sea la composición material del mismo.

Como hemos indicado, el crecimiento de esta amenaza biológica está directamente relacionado con la humedad relativa y temperatura ambiental y es la causa de daños irreversibles y a menudo devastadores, en los Bienes de Interés Cultural.

Como los nutrientes adecuados están presentes en cualquier ambiente, el modo para controlar el crecimiento y el posterior biodeterioro, es controlar las condiciones termohigrométricas. Sin humedad, las esporas de los hongos no pueden crecer. Por tanto, la presencia de organismos vivos dependerá de las condiciones

ambientales, especialmente las microclimáticas, así como de la presencia de sustrato nutritivo y de su naturaleza (textura, pH, etc.).

Las esporas están normalmente presentes en el aire que nos rodea, y es imposible eliminarlas. Sin embargo, es sólo cuando estas esporas tienen suficientes nutrientes, la humedad apropiada y el tiempo necesario, cuando crecen y suponen un riesgo importante.

El límite de humedad relativa generalmente citado para evitar el crecimiento de los hongos es el 65%. (Caneva, G. et. Al). Por debajo de este límite, los hongos no crecerán independientemente de la temperatura. Con niveles altos de HR por ejemplo del 85%, los hongos probablemente aparecerán en menos de una semana. Establecer lo que sucede en condiciones intermedias entre 60% y 70% y con diferentes temperaturas, es muy difícil de predecir si no es en base a experiencias en campo, analizando los parámetros ambientales de temperatura, humedad, contaminación, deposición de partículas, etc. Además de estudiar en profundidad los materiales constitutivos de los Bienes Culturales y su reacción frente a estas amenazas.

Empleando sistemas de climatización es relativamente fácil de mantener las condiciones ambientales apropiadas, por ejemplo en museos o archivos, que impidan el crecimiento de los hongos. Pero el riesgo puede aparecer dentro del edificio, en zonas más expuestas a niveles de humedad altos, tales como paredes frías exteriores con riesgo de condensación superficial, zonas con filtraciones o fugas de agua internas a los muros, etc.

La combinación de varios factores puede desencadenar el proceso de deterioro o incrementar el riesgo de aparición de otros organismos. Por ejemplo las zonas poco ventiladas y oscuras, presencia de deposición de partículas contaminantes, etc.

En los capítulos dedicados al análisis de riesgos de los elementos ornamentales de la Basílica de la Virgen y de la Iglesia de San Nicolás, se realizará un análisis de las condiciones ambientales para determinar los rangos de temperatura y humedad alcanzados, y relacionarlos con los parámetros determinantes para la aparición de biodeterioro. Emplearemos representaciones gráficas de los mismos para comparar y detectar situaciones de riesgo. En la gráfica de la figura 2.6, se presenta un ejemplo de análisis de riesgo biológico para el ambiente de la Basílica de la Virgen durante el año 2000.

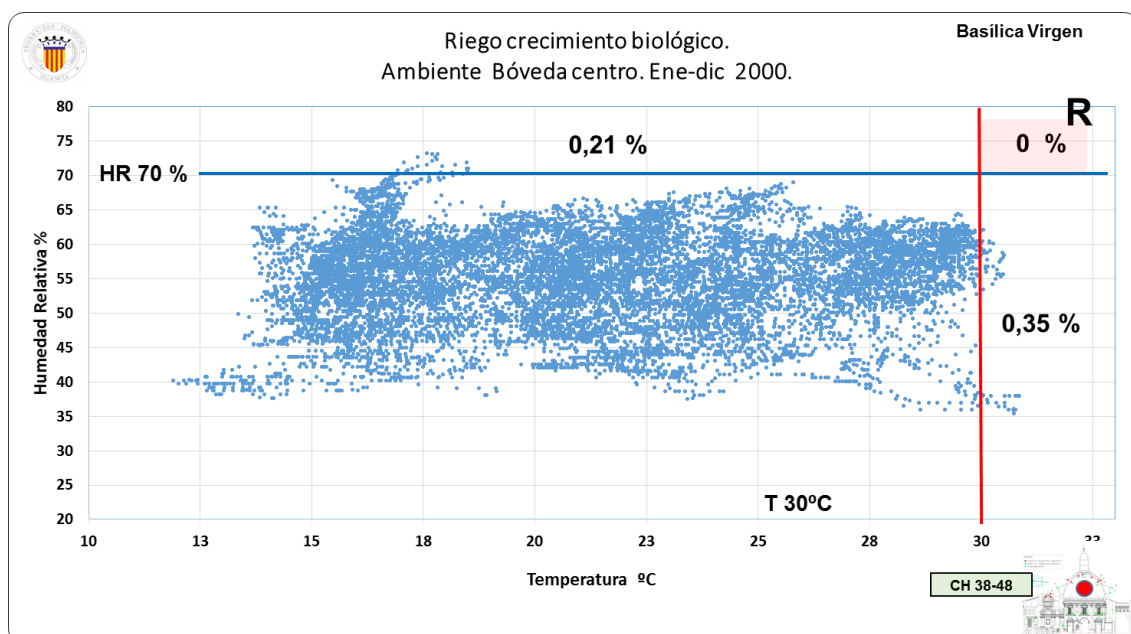


Figura 2.6. Ejemplo de gráfica de nube de puntos con zona de riesgo biológico. Ambiente interior. Basílica de la Virgen.

2.5- Deposición de partículas y contaminación ambiental.

2.5.1.- Efecto de gradientes termohigrométricos desfavorables. Mecanismos de deposición de contaminantes sobre superficies.

La existencia de gradientes termohigrométricos entre la estructura soporte de las pinturas murales y el aire ambiente, es causa directa e indirecta del proceso microfísico que puede aumentar notablemente la deposición de partículas. Entre los mecanismos que rigen este fenómeno destacan:

Deposición de partículas debido al movimiento browniano. Es causado por la colisión entre las partículas y las moléculas que componen el aire ambiente en el que se encuentran. Este fenómeno es proporcional a la temperatura absoluta T , e inversamente proporcional a la viscosidad dinámica del aire (μ) y el diámetro (d) de la partícula. Esta deposición es muy frecuente para las partículas más finas, que son las más difíciles de eliminar con los filtros habituales de los sistemas de acondicionamiento de aire. Una manera de reducir la deposición browniana es reducir la temperatura del ambiente.

Termoforesis. Está ligado a los gradientes de temperatura (dT/dx) que implican el transporte de partículas hacia la superficie del paramento (pintura mural) o el alejamiento del mismo, dependiendo que el nivel térmico de la superficie esté por encima o por debajo del nivel del aire ambiente. En términos generales, la termoforesis puede ser importante para las partículas submicrónicas, pero insignificante para tamaños más grandes ($d > 1\mu\text{m}$).

Este proceso físico puede diferir con el tamaño de la partícula, pero un paramento que está más frío que el aire que lo envuelve siempre está sometido a este fenómeno de ensuciamiento. Cuando $dT/dx < 0$, las fuerzas de termoforesis arrastran las partículas hacia el paramento con la pintura mural. Tanto en el caso de la Basílica de la Virgen como de San Nicolás, se analizarán las condiciones ambientales para evaluar el posible riesgo debido a este fenómeno.

Deposición en presencia de gradientes de humedad específica (dH_s/dx). Son causados por la adsorción de vapor sobre el material poroso de la pintura mural debido a la condensación en los microporos ($dH_s/dx > 0$) o, por el contrario, el desprendimiento de vapor por evaporación en los microporos ($dH_s/dx < 0$). A este fenómeno se le denomina Flujo de Stefan. El movimiento difusivo del vapor originado por este gradiente genera un flujo hidrodinámico, el cual da lugar a un transporte de partículas, independiente del tamaño de las mismas.

La condensación y evaporación en los microporos no sólo se producen con el 100% HR, valores muy inferiores de HR pueden provocar este efecto, dependiendo del tamaño del poro y su geometría (Camuffo,1984; Camuffo,1988).

Deposición inercial. Se materializa cuando las fuerzas inerciales de las partículas son mayores que las fuerzas viscosas del aire que las transporta. La turbulencia que existe naturalmente en el ambiente o las pequeñas perturbaciones sobre la superficie de las pinturas murales provoca que las partículas cerca de la superficie, tiendan a desviarse de su trayectoria por el flujo de aire, abandonar la lámina de aire que la transporta e impactar contra la superficie. Este tipo de deposición ocurre en presencia de libre circulación de aire ambiental y en zonas ventiladas. Los flujos convectivos de aire inducidos por otras fuentes como sistemas de calefacción, iluminación, afluencia de visitantes, apertura de puertas y ventanas, etc., también generan e incrementan estas turbulencias.

Fuerza gravitatoria. Actúa sobre todas las partículas, pero en un fluido estas fuerzas son (parcialmente) contrarrestadas por el arrastre viscoso. La velocidad de sedimentación se calcula según la ley de Stoke para partículas esféricas. La caída libre no siempre ocurre en aire inmóvil, sino en flujos ascendentes o descendentes. Para las partículas más finas (submicrónicas) la componente de arrastre viscosa es generalmente dominante, de modo que siguen la corriente de aire y no son depositadas. Para partículas grandes y según el flujo de aire sea ascendente o descendente, aumenta o disminuye la velocidad de las partículas, aumentando o disminuyendo su velocidad de sedimentación.

Electroforesis. Es una característica de ambientes secos, donde las partículas cargadas moviéndose en un campo electro-estático son atraídas hacia una superficie y se adhieren a ella. Este depósito puede reducirse si se eliminan las causas de la ionización y aumentando el HR interior. La carga estática de las superficies en general ocurre en una HR inferior al 65% (Phenix, A. y Burnstock, A. 1990). Como se indica en el punto dedicado al biodeterioro, una situación con la humedad relativa más alta, puede favorecer la biología, con daños irreversibles que podrían ser mucho más graves que la suciedad depositada.

Entre todos estos fenómenos de deposición de partículas, el movimiento browniano e impacto inercial siempre llevan a la deposición de estas sobre las superficies, independientemente de la orientación de las mismas. La electroforesis, termoforesis y la deposición de partículas por gradientes de humedad específica son independientes de la orientación de la superficie, pero las partículas pueden ser dirigidas hacia la superficie o en otra dirección, haciendo positiva o negativa la contribución a la ratio de deposición. Los procesos de deposición se producen por la combinación de efectos de varios de los mecanismos descritos, y un cambio de microclima puede generar uno o varios efectos, los cuales se pueden adicionar, restar o anular entre ellos.

Por ejemplo, en el caso de la Basílica de la Virgen y la Iglesia de San Nicolás, cuando la temperatura de las paredes es mayor que la temperatura del aire, un flujo ascendente se forma cerca de la bóveda. Se produce impactación inercial a pesar de que la deposición total es reducida parcialmente por el efecto de la termoforesis y por la sedimentación por gravedad que tiende a mover las partículas en la dirección opuesta. La velocidad final de las partículas es la diferencia neta entre el flujo ascendente y la velocidad de sedimentación. (Camuffo, Bernardi, 1995). Cuando la temperatura de la pared es menor, el efecto de la termoforesis se suma y aumenta la tasa de deposición general.

Para reducir la deposición de contaminantes en las superficies verticales, el aire y las paredes deberían estar en equilibrio térmico para no generar corrientes convectivas cerca de los frescos, y el ambiente interior debería ser estable, es decir con un gradiente vertical de temperatura $dT/dz > 0$, con el fin de suprimir la turbulencia.

El aire caliente, más rico en humedad, y por lo tanto más ligero, tiende a elevarse y a estratificar en planos horizontales por debajo del techo. El aire frío tiende a descender y estratificarse cerca del suelo. Como es de esperar en un ambiente cerrado, el perfil de temperatura vertical siempre posee una mayor estabilidad. En particular, en el verano y el invierno las condiciones se acentúan más que en la primavera. En esta estación del año, el aire es muy estable, reduciendo la turbulencia y la intensidad y el alcance de los movimientos convectivos sobre todo, el transporte de partículas a mayores niveles.

El aumento de la concentración de contaminantes así como la afluencia masiva de visitantes, luces encendidas, polvo, etc., provoca una profunda modificación microclimática. Un ejemplo claro de esta modificación es la acción del vapor transmitido por una persona. La cantidad de agua perdida por persona es del orden de 0.050 Kg/h (0.03 Kg/h transpirados y 0.02 Kg/h procedentes de la respiración), lo cual significa que 500 visitantes aportan unos 25 Kg/h de agua al ambiente. Esta aportación de agua provoca una absorción del vapor por los microporos de la superficie pictórica con los efectos negativos ya comentados. En los casos analizados en capítulos posteriores, se aportarán los cálculos de aporte de humedad al ambiente por los visitantes en determinados días de afluencia masiva, comparándolos con el posible aporte del exterior.

2.5.2.- Partículas y contaminación ambiental.

El criterio de valoración de la influencia del nivel de partículas y de la contaminación ambiental, se sintetiza en procurar la mínima incidencia sobre los Bienes Culturales.

Los análisis correspondientes a la contaminación de los ambientes, corresponden a otros equipos de investigación. En los capítulos correspondientes, haremos uso de los resultados obtenidos, para relacionarlos con la evolución y niveles de los parámetros termohigrométricos. En la tabla 2.3, se muestran los niveles de referencia de calidad de aire, atendiendo a unos valores límite de concentración de algunos contaminantes, tales como NO₂, O₃, SO₂, y materia particulada.

Los contaminantes ambientales son los principales causantes, en presencia de agua, de reacciones químicas dañinas para los Bienes Culturales, ya que tienen lugar dentro del material. Las reacciones principales son hidrólisis y oxidación, que representan los procesos de envejecimiento naturales. La *hidrólisis* es una reacción entre una sustancia y el agua que resulta de la descomposición química de la sustancia original y la formación de una o más sustancias nuevas. La *oxidación* es una reacción entre una sustancia y el oxígeno, a menudo dando como resultado una importante degradación física. La temperatura y la humedad relativa afectan a estos procesos químicos de la siguiente manera:

- El calor acelera las reacciones químicas. La velocidad de reacción aproximadamente se duplica por cada incremento de 5° C de temperatura.
- La humedad relativa es importante porque algunas reacciones requieren humedad antes de que ocurran.

Las partículas se miden y clasifican mediante lo que se conoce como fracción respirable de partículas, por ejemplo, PM10 y PM2.5. (United Nation Environment Programme, 1999).

- El indicador PM10 se refiere a las partículas con menos de 10 micrones de diámetro. Éstas se conocen comúnmente como partículas gruesas y contienen polvo proveniente de los caminos y las industrias, así como partículas generadas por la combustión.
- El indicador PM2.5 se refiere a las partículas con menos de 2.5 micrones de diámetro. Éstas se conocen comúnmente como partículas finas y contienen

aerosoles secundarios, partículas de combustión y vapores metálicos y orgánicos recondensados, así como componentes ácidos.

- El indicador PM_{0.1} se refiere a las partículas con menos de 0.1 micrones de diámetro, conocidas como partículas ultrafinas.

Centrándonos en las partículas, las grandes (PM₁₀) contribuyen en mayor medida a la suciedad depositada, las partículas más gruesas son, en general, originadas por la erosión del suelo. Son menos peligrosas, aunque rápidamente se depositan en la parte superior de superficies horizontales, pueden ser filtradas fácilmente por dispositivos de acondicionamiento de aire.

Las partículas en suspensión son una mezcla compleja de sustancias de distinta composición química y de diversa naturaleza física (suspensiones de sólidos o gotas de líquido) que presentan un tamaño variable que oscila desde 0,005 a 100µm (Bosch, P. 2015). La existencia de gradientes térmohigrométricos entre el soporte de la pintura mural y el aire ambiente, es causa directa e indirecta del proceso microfísico que puede aumentar notablemente la deposición de partículas.

Las partículas más finas (PM_{2,5}) son más peligrosas porque son depositadas independientemente de la inclinación de la superficie. Se componen de muchas sustancias agresivas son difíciles de eliminar por filtración. Las partículas más pequeñas emitidas por el tráfico desarrollan mayor superficie acumulativa y son las potencialmente más dañinas en términos de suciedad.

Para los frescos no sólo la integridad física es importante, también su aspecto. Obviamente, la deposición de partículas provoca capas de suciedad que no solo dañan los frescos estéticamente. La necesidad de limpieza más frecuente de las capas de suciedad hace que los frescos estén sometidos a mayor estrés a lo largo de los años. Cuando los frescos se ensucian, se oscurecen de forma progresiva y debe emplearse mayor intensidad de la luz para obtener una mejor visión de los mismos.

En el caso de la Basílica de la Virgen y de la gran mayoría de las iglesias, la eliminación de velarios y su cambio por sistemas electrónicos de monedas (figura 2.7), control de accesos en lugares de gran afluencia de visitantes, control de apertura incontrolada de ventanas, y en su caso la implantación de sistemas de filtrado y acondicionamiento de aire son los principales puntos de intervención para disminuir la concentración de partículas y contaminantes.



Figura 2.7. Velarios electrónicos en la Basílica de la Virgen.

2.6.- Normativa específica para conservación preventiva.

Como se indicó en la introducción general, para establecer los límites o rangos de variables ambientales encaminados a evitar los riesgos sobre los Bienes Culturales, la tendencia actual desaconseja aplicar estándares establecidos y aplicados durante muchos años. (Michalsky, S. 2009). Los estándares deben dirigirse a métodos de trabajo utilizados, como por ejemplo establecen normas europeas específicas de conservación del Patrimonio Cultural, ya en la legislación española e italiana:

- UNE-EN 15757: 2011: Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.
- UNE-EN 15758: 2011: Conservación del patrimonio cultural. Procedimientos e instrumentos para la medición de las temperaturas del aire y de las superficies de los objetos.
- UNE-EN 15759-1: 2012: Conservación del patrimonio cultural. Clima interior. Parte 1: Recomendaciones para la calefacción de iglesias, capillas y otros lugares de culto.
- Norma italiana UNI 10829: 1999: Beni di interesse storico e artistico Condizioni ambientali di conservazione Misurazione ed analisi.
- Norma italiana UNI 10969: 2002: Beni culturali Principi generali per la scelta e il controllo del microclima per la conservazione dei beni culturali in ambienti interni

Las especificaciones de temperatura y humedad relativa son más flexibles en estas normas, como sucede también con los grados de control climático del ASHRAE. Estas nuevas normativas y/o recomendaciones suponen el reconocimiento de que los objetos (obras de arte) tienen un rango dentro del cual toleran las fluctuaciones sin daño.

A la hora de diseñar los sistemas pasivos o activos de control ambiental, todo cambio que afecte al entorno del Bien Cultural tiene que ser decidido por un equipo de profesionales en cada una de las materias específicas necesarias, que incluya siempre un conservador experimentado en la evaluación de las condiciones de las colecciones y un experto en control medioambiental.

2.6.1.- Norma UNE-EN 15757:2011. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.

El microclima histórico puede ser definido en base a los valores de T y HR más frecuentes y sus fluctuaciones. Estos valores se definen según la norma UNE-EN 15757 para especificar los niveles que limitan el daño físico causado por las fluctuaciones microclimáticas en materiales orgánicos e higroscópicos, conservados largos periodos de tiempo en un entorno específico.

Tal y como indica el documento, esta norma europea constituye una guía que especifica la temperatura y la humedad relativa (HR) necesarias para conservar el Patrimonio Cultural mediante la limitación de los daños físicos causados por los ciclos de esfuerzo-deformación en los objetos que contienen materiales orgánicos higroscópicos. Estos materiales son vulnerables a los cambios y fluctuaciones de la humedad relativa (HR) del ambiente, que produce cambios en el contenido de humedad en equilibrio (EMC, Equilibrium Moisture Content) de los materiales al absorber y liberar humedad para adaptarse a las condiciones ambientales, que están cambiando continuamente. Como se explicó en puntos anteriores, las variaciones en el EMC dan lugar a cambios dimensionales de los materiales, que pueden llegar a alcanzar niveles de esfuerzo y de daños físicos, tales como roturas y deformaciones.

Los objetos que contienen materiales orgánicos higroscópicos necesitan niveles e intervalos de temperatura y de humedad relativa determinados de forma individual. La “aclimatación” de los objetos a estas condiciones a lo largo de los años define el

clima histórico que nos servirá de base para posteriores evaluaciones. La propuesta de rangos de temperatura y de humedad relativa óptimos para la conservación no es sencilla, a causa de la variedad y complejidad de los materiales constituyentes de los objetos. Podemos distinguir entre materiales orgánicos, inorgánicos y compuestos.

Como comentamos, la temperatura tiene un efecto directo sobre la conservación, pero también un efecto indirecto, ya que la humedad relativa del aire depende también de este parámetro. Los cambios y fluctuaciones de la temperatura y de la humedad relativa deberían considerarse desde un punto de vista estático de niveles o intervalos admisibles y debería tenerse en cuenta desde un punto de vista dinámico, es decir, la duración de los ciclos y la frecuencia con que estos se repiten.

La norma propone una metodología que conduce a especificaciones generales para limitar los daños físicos causados por el microclima a los materiales orgánicos higroscópicos. Por ello no cubre otros procesos de deterioro importantes que afectan a otros materiales influenciados por factores microclimáticos tales como la oxidación, la hidrólisis, el deterioro biológico, las reacciones de corrosión y la disolución de materiales asociados debida a la deliquesencia, la cristalización de sales entre otras.

En los análisis de los casos particulares de esta investigación, se combinarán varias normativas para obtener un espectro de evaluación de riesgos lo más amplio posible. El análisis que propone la norma puede aplicarse tanto a climas naturales de edificios sin acondicionamiento activo de aire como a climas artificiales. Más adelante se discutirán los resultados obtenidos en los casos de aplicación (Basílica y San Nicolás), y se evaluará la consistencia de los mismos para iglesias de climas templados, como es nuestro caso.

La estrategia de esta norma está dirigida a la conservación del microclima en términos de niveles, ciclos estacionales y fluctuaciones de temperatura y de

humedad relativa, a los que los materiales se han aclimatado, si se ha demostrado que este microclima no es dañino. El clima interior se define mediante los niveles medios y por la variabilidad de la temperatura y de la humedad relativa. Estos datos se representan estadísticamente en términos de:

- a) Nivel medio sobre un periodo de tiempo seleccionado, por ejemplo, un año
- b) Ciclos estacionales
- e) Fluctuaciones a corto plazo

El nivel medio se determina como la media aritmética de los valores obtenidos de la humedad relativa, es decir, la suma de todos los niveles observados dividida por el número de observaciones. La primera referencia útil es la media anual. La segunda es la serie de medias mensuales. El ciclo estacional interpola las series de medias mensuales.

El ciclo estacional se obtiene calculando, para cada lectura, la media móvil (MA, Moving Average) central, que corresponde a la media aritmética de todas las lecturas de humedad relativa tomadas en un periodo de 30 días. La media móvil (MA) suaviza las fluctuaciones a corto plazo y resalta la tendencia o los ciclos a largo plazo. Fluctuaciones de corta duración se calculan como la diferencia entre la lectura de la humedad relativa en curso y la media móvil (MA) del día 30 calculada para esa lectura como se ha descrito anteriormente. Así se tiene en cuenta la variabilidad estacional natural.

Por último se determina el intervalo de referencia. Si la humedad relativa es inestable, los límites inferior y superior del intervalo de referencia de las fluctuaciones de la humedad relativa se determinan, respectivamente, como los percentiles 7^o y 93^o de las fluctuaciones registradas en el periodo de monitorización. Para cualquier distribución, los percentiles 7^o y 93^o se obtienen ordenando las fluctuaciones desde el valor negativo más bajo al valor positivo más alto y

seleccionando los valores que se encuentren dentro del 7% y del 93% de las observaciones, respectivamente. De esta manera se excluye el 14% de las fluctuaciones mayores, de mayor riesgo, aplicándose los cortes igualmente a las crestas y a los valles de la humedad relativa, limitando los entornos excesivamente húmedos o secos. (UNE-EN 15757).

En la gráfica de la figura 2.8, se presenta un ejemplo de aplicación de esta norma al ambiente de la cúpula media de la Basílica de la Virgen en un ciclo estacional completo (año 2000). Se señalan los elementos representativos: media móvil (MA), valores de referencia superior e inferior, media anual etc.

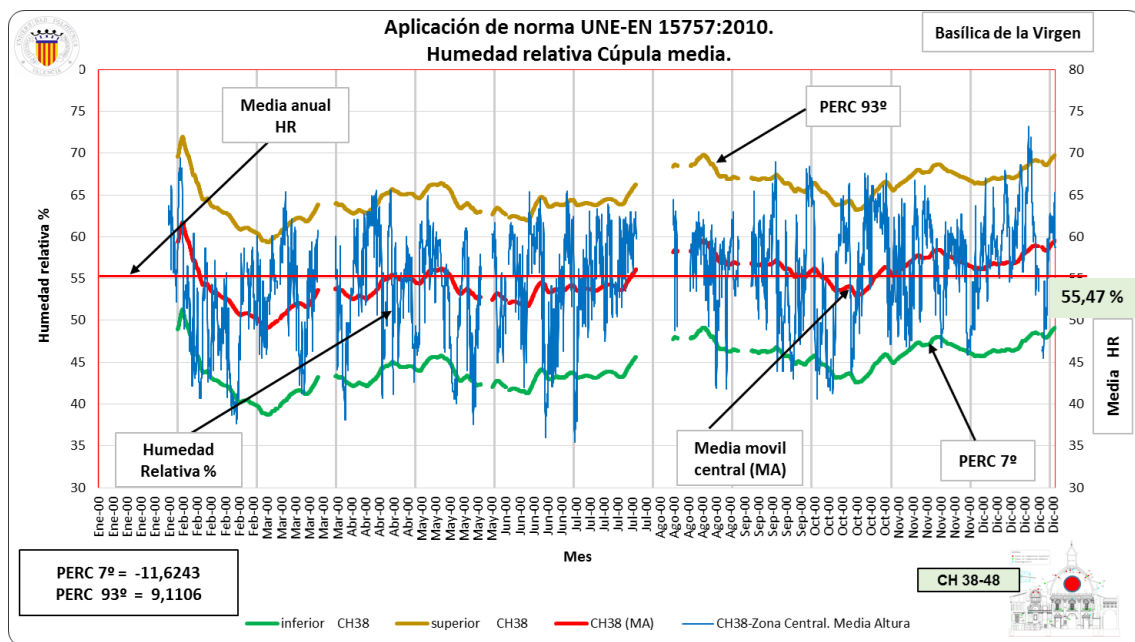


Figura 2.8. Ejemplo de aplicación de norma UNE-EN 15757 de un ciclo estacional en la cúpula de la Basílica de la Virgen.

2.6.2.- Norma UNI 10829:1999: Beni di interesse storico e artistico Condizioni ambientali di conservazione Misurazione ed analisi.

El microclima, sólo o en combinación con otros factores, juegan un papel fundamental en los procesos de degradación de los materiales componente de los Bienes Culturales. Cambios temporales (o gradientes espaciales) de temperatura y humedad relativa o calor e intercambios de masa en flujos de aire, causan en la mayoría de los materiales tensiones internas y efectos acumulativos irreversibles que aceleran el proceso de degradación. Esta norma proporciona pautas para la elección y el control del microclima para la conservación del Patrimonio Cultural en ambientes interiores como museos, galerías, archivos, bibliotecas, iglesias y edificios históricos, mediante tablas con rangos de fluctuación recomendados.

Bene di interesse storico ed artistico	θ_0	$\Delta\theta_{\max}$	$u_0^{1)}$	Δu_{\max}	E_{\max}	UV_{\max}	LO_{\max}
MATERIALI/OGGETTI DI NATURA ORGANICA							
Manufatti artistici di carta, cartapesta, veline, tappezzerie ²⁾	da 18 a 22	1,5	da 40 a 55	6	50	75	0,2
Tessuti, velari, tendaggi, tappeti, tappezzerie in stoffa, arazzi, seta, costumi, abiti, paramenti religiosi, materiali in fibra naturale, sisal, juta ³⁾	da 19 a 24	1,5	da 30 a 50	6	50	75	0,2
Cere, cere anatomiche ⁴⁾	< 18	NR ⁵⁾	NR ⁵⁾	NR ⁵⁾	150	75	-
Erbari e collezioni	da 21 a 23	1,5	da 45 a 55	2	50	75	0,2
Collezioni entomologiche	da 19 a 24	1,5	da 40 a 60	6	50	75	0,2
Animali e organi anatomici conservati in formalina	da 15 a 25	-	NR ⁵⁾	NR ⁵⁾	50	75	0,2
Animali, organi anatomici essiccati, mummie	da 21 a 23	1,5	da 20 a 35	-	50	75	0,2
Pellicce, piume, animali ed uccelli impagliati	da 4 a 10	1,5	da 30 a 50	5	50	75	0,2
Disegni, acquerelli, pastelli e simili su supporto cartaceo	da 19 a 24	1,5	da 45 a 60	2	50	75	0,2
Collezioni etnografiche, maschere, cuoio, indumenti di cuoio	da 19 a 24	1,5	da 45 a 60	6	50	75	0,2
Dipinti su tela, pitture a olio su tela e canovaccio, tempera, guazzi	da 19 a 24	1,5	da 40 a 55	6	150	75	0,5
Documenti archivistici su carta o pergamena, papiri, manoscritti, volumi a stampa, collezioni filateliche	da 13 a 18	-	da 50 a 60	5	150 ⁶⁾	75 ⁶⁾	-
Legature di libri con pelle o pergamena	da 19 a 24	1,5	da 45 a 55	6	50	75	0,2

1) Adottare un valore possibilmente fisso scelto tra gli estremi.

2) Nel caso di materiale in tensione sono da preferirsi i valori di umidità relativa (u) più elevati.

3) Nel caso di materiale in tensione sono da preferirsi i valori di umidità relativa (u) più bassi.

4) Nel caso di cere supportate, fare riferimento alle indicazioni relative ai singoli materiali di supporto.

5) NR = Non rilevante.

6) Solo per consultazione.

Nota - Le condizioni ambientali qui riportate per oggetti di natura organica e misti, tengono conto solo della natura chimico-fisica del materiale costituente. In certi casi mantenere l'oggetto nelle condizioni ambientali riportate, oppure portarlo quando proviene da condizioni diverse, può risultare molto pericoloso. Per proporre un valore di u_0 è indispensabile tenere conto almeno dei seguenti fattori: l'invecchiamento e gli eventuali trattamenti subiti dai materiali prima della lavorazione, le condizioni ambientali alle quali il manufatto è stato sottoposto nel corso del tempo, le eventuali situazioni di sollecitazione meccanica a cui è soggetto.

Bene di interesse storico ed artistico	θ_0	$\Delta\theta_{max}$	$u_0^{1)}$	Δu_{max}	E_{max}	UV_{max}	LO_{max}
continua dalla pagina precedente							
MATERIALI/OGGETTI DI NATURA ORGANICA							
Lacche, mobili intarsiati, decorati o laccati	da 19 a 24	1,5	da 50 a 60	4	50	75	0,2
Sculture policrome di legno, legno dipinto, pitture su legno, icone, pendole di legno, strumenti musicali di legno	da 19 a 24	1,5	da 50 a 60	4	50	75	0,2
Sculture di legno non dipinte, oggetti di vimini, pannelli di legno o corteccia	da 19 a 24	1,5	da 45 a 60	4	150	75	0,5
MATERIALI/OGGETTI DI NATURA INORGANICA							
Porcellane, ceramiche, grès, terracotta, tegole non da scavo e da scavo se demineralizzate	NR ⁵⁾	-	NR ⁵⁾	10	NR ⁵⁾	-	-
Pietre, rocce, minerali, meteoriti (porosi) stabili	da 19 a 24	-	da 40 a 60	6	NR ⁵⁾	-	-
Mosaici di pietre, pietre, rocce, minerali, meteoriti (non porosi), fossili e collezioni di pietre ⁷⁾	da 15 a 25	-	da 20 a 60	10	NR ⁵⁾	-	-
Metalli, metalli levigati, leghe metalliche, argenti, armature, armi, bronzi, monete, oggetti in rame, stagno, ferro, acciaio, piombo, peltri ⁸⁾	NR ⁵⁾	-	< 50	-	NR ⁵⁾	-	-
Metalli con siti di corrosione attivi	NR ⁵⁾	-	< 40	-	NR ⁵⁾	-	-
Ori	NR ⁵⁾	-	NR ⁵⁾	-	NR ⁵⁾	-	-
Gesso	da 21 a 23	1,5	da 45 a 55	2	150	75	0,5
Vetri instabili, iridescenti, sensibili, mosaici di vetro sensibili	da 20 a 24	1,5	da 40 a 45	-	150	75	0,5
OGGETTI MISTI							
Pittura murale, affreschi, sinopie (staccate)	da 10 a 24	-	da 55 a 65	-	NR ⁵⁾	-	-
Pitture murali a secco (staccate)	da 10 a 24	-	da 50 a 45	-	150	75	0,2
Avori, corna, collezioni malacologiche, uova, nidi, coralli	da 19 a 24	1,5	da 40 a 60	6	150	75	0,5
Dischi fonografici	da 10 a 21	-	da 40 a 55	2	-	-	-
Fibre sintetiche	da 19 a 24	-	da 40 a 60	-	50	75	0,2
Film, fotografie a colori ⁹⁾	da 0 a 15	-	da 30 a 45	-	50	75	0,2
Film, fotografie in bianco e nero ⁹⁾	da 0 a 15	-	da 30 a 45	-	150	75	0,2
Nastri magnetici (esclusi nastri per computer e videotape) ⁹⁾	da 5 a 15	-	da 40 a 60	-	-	-	-
Oggetti di materiali organici provenienti da zone di scavo umide (prima del trattamento) ¹⁰⁾	< 4	-	in aria satura	-	-	-	-
Materie plastiche	da 19 a 24	-	da 30 a 50	-	< 300	75	-
<p>1) Adottare un valore possibilmente fisso scelto tra gli estremi. 5) NR = Non rilevante. 7) Valori di umidità relativa molto specifici (dipende dai campioni). 8) Nel caso di oggetti costituiti da parti metalliche diverse tra loro saldate, oscillazioni di temperatura possono produrre effetti dannosi. 9) In mancanza di indicazioni specifiche del produttore. 10) Allo scopo di prevenire attacchi biologici sono necessarie temperature ridotte (dell'ordine di 4 °C), immediati trattamenti antisettici e/o condizioni particolari di conservazione.</p> <p>Nota - Le condizioni ambientali qui riportate per oggetti di natura organica e misti, tengono conto solo della natura chimico-fisica del materiale costituente. In certi casi mantenere l'oggetto nelle condizioni ambientali riportate, oppure portarlo quando proviene da condizioni diverse, può risultare molto pericoloso. Per proporre un valore di u_0 è indispensabile tenere conto almeno dei seguenti fattori: l'invecchiamento e gli eventuali trattamenti subiti dai materiali prima della lavorazione, le condizioni ambientali alle quali il manufatto è stato sottoposto nel corso del tempo, le eventuali situazioni di sollecitazione meccanica a cui è soggetto.</p>							

Tabla 2.4. Valores de referencia recomendados para BIC. Norma UNI 10829:1999. Fuente UNI.

En la tabla 2.4 se presentan los valores de referencia recomendados en condiciones climáticas estables y en ausencia de indicaciones específicas para entornos que contienen Bienes de Interés Cultural. Estos valores proceden de

fuentes de literatura técnica en base a experiencias de diversos autores e instituciones. Las tablas recogen las recomendaciones para diferentes tipos de materiales, atendiendo a su naturaleza: orgánica, inorgánica y compuesta. Dentro de estos tres tipos, se detallan los diferentes Bienes Culturales con propuestas de rangos de temperatura, humedad relativa, iluminación y radiación ultravioleta, con las fluctuaciones máximas diarias recomendadas de estos parámetros.

La norma italiana UNI 10969: 2002: Beni culturali Principi generali per la scelta e il controllo del microclima per la conservazione dei beni culturali in ambienti interni, realiza también interesantes recomendaciones que resumimos a continuación. En el caso de un objeto que consta de uno o más materiales de comportamiento más complejo y condicionado por el clima histórico en el que ha estado, se debe proceder como sigue.

- a) Si un objeto está ya en un microclima favorable y no se detectan procesos de degradación continua y no hay riesgos ni incompatibilidad, el objeto debe guardarse bajo condiciones ambientales que se ajusten a ese ambiente original.
- b) El microclima original puede mejorarse mediante la eliminación de las causas perturbadoras tales como ciclos diurnos, las fluctuaciones, las transiciones repentinas, gradientes, etc.
- c) En el caso de necesitar alterar el microclima en el que se almacena un objeto, la transición hacia las nuevas condiciones, debe llevarse a cabo en un tiempo muy largo, adaptando el objeto gradualmente e imperceptiblemente a las nuevas condiciones y asegurando que es capaz de soportar la transición sin sufrir degradación.
- d) En el caso de movimientos de objetos para exposiciones temporales, o restauraciones, debe hacerse con el máximo cuidado para asegurar el cumplimiento de las condiciones microclimáticas iniciales. Este tipo de atención debe mantenerse durante el transporte y almacenamiento.

2.6.3.- ASHRAE.

El ASHRAE Handbook es el texto de referencia de la *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers*, que desde 1999 cuenta con un capítulo específico dedicado a los rangos de los parámetros ambientales para museos, galerías, bibliotecas y archivos, que incorporan nuevos conceptos en la evaluación de riesgos de los Bienes Culturales contenidos en estos espacios.

Es un documento bastante técnico, destinado principalmente a ingenieros de diseño, cuyo cometido es mantener u operar sistemas de HVAC (acondicionamiento de aire) en edificios que albergan colecciones artísticas y Patrimonio Histórico. El enfoque que adopta el capítulo representa un cambio del pensamiento más tradicional anterior sobre entornos de museos, con control estricto de temperatura y HR. En el enfoque actual, la fluctuación de HR está vinculada a daños mensurables en Bienes Culturales. Ciertos tipos de Bienes son mucho más sensibles a la fluctuación del HR que otros, y no es ni económica ni medioambientalmente aceptable tener condiciones muy bien controladas si no son necesarias.

Los valores extremos de temperatura o HR hacen a muchos objetos vulnerables a daños mecánicos. Como hemos comentado, hace años, las especificaciones de fluctuaciones aceptables en museos, suponían que incluso variaciones muy pequeñas producirían algún tipo de daño. Especificaciones tales como $50\pm 3\%$ HR y 21 ± 1 °C quedaron establecidas de forma férrea. Desde la década de 1990, ha crecido un consenso entre los científicos y conservadores, con amplia experiencia en colecciones, que los objetos tienen un rango dentro del cual toleran fluctuaciones sin daño. El capítulo ASHRAE actualmente proporciona la mejor revisión de este tema y de la bibliografía existente.

En los sistemas activos mecánicos de control del clima, equivalente a lo que en inglés se llama *Heating, Ventilating and Air Conditioning*, o por sus siglas HVAC, el

punto de consigna (set point) es el valor de temperatura o de HR que el sistema está diseñado para mantener. Sin embargo, incluso los mejores sistemas mecánicos activos, producirán valores que fluctúan por encima y por debajo de la consigna dada.

El término "punto de consigna" puede utilizarse de dos maneras:

- Para referirse a la configuración del termostato o del humidistato durante un período corto de tiempo (horas, días).
- Para referirse a la media anual de ajuste del termostato y el humidistato (porque los puntos de ajuste puede modificarse durante el año por diversas razones, tales como nuevos requerimientos ambientales, ahorro de energía, etc.).

Por otra parte, se define la clase de control por el grado de fluctuación recomendado de la temperatura y humedad relativa. Emplearemos la denominación fluctuación en lugar de "set point", ya que las fluctuaciones representan la principal amenaza para la mayoría de los Bienes Culturales. El ASHRAE define cinco clases de Control: AA, A, B, C y D (Tabla 2.5), cuyas principales características son:

Grado control AA:

Control de precisión. Se permiten solamente mínimos cambios estacionales de temperatura. Son permitidas fluctuaciones breves de $\pm 5\%$ RH y ± 2 °C en temperatura. Respecto a ajustes estacionales, no se permite ningún cambio en HR y la temperatura puede variar $\pm 5^{\circ}\text{C}$ de forma progresiva. Se trata de la especificación tradicional, para un control muy estricto del microclima de la colección.

A pesar de estas limitaciones, los rangos del grado AA son un objetivo alcanzable para una institución museística con los recursos económicos necesarios para la instalación de sistemas de climatización y control.

Grado control A:

Buen control. Se permiten algunos gradientes o cambios de temporada, pero no ambos a la vez. Este grado de control tiene dos subcategorías:

- Fluctuaciones breves de $\pm 5\%$ HR y $\pm 2^{\circ}\text{C}$, con un cambio de temperatura estacional permitido de 5°C y 10°C , y una humedad estacional de $\pm 10\%$.
- Fluctuaciones breves de $\pm 10\%$ HR y $\pm 2^{\circ}\text{C}$, con un cambio de temperatura estacional de 5°C y 10°C , y una humedad estacional sin cambios.

Se considera que es el grado más rentable de control para la mayoría de las colecciones. Estos sistemas probablemente operará dentro de los niveles de AA la mayoría del tiempo.

Grado control B:

Este grado de control permite fluctuaciones breves de $\pm 10\%$ HR y $\pm 5^{\circ}\text{C}$ y con un cambio de temperatura estacional de hasta 10°C , sin sobrepasar los 30°C , siendo tan baja como sea necesario para mantener el control de HR. El grado B se presenta como un objetivo para colecciones de edificios históricos que pueden admitir la intervención de algunos sistemas mecánicos de control activo del clima.

Grado control C:

Empleado para prevenir la gran mayoría de riesgos extremos. El ambiente interno debe permanecer dentro del rango de 25-75% de humedad relativa durante todo el año. Temperatura raramente sobre 30°C , y generalmente por debajo de 25°C . Los elementos ornamentales expuestos a un determinado clima histórico desde hace años, ya han experimentado grandes fluctuaciones y se han podido formar las grietas, micro fisuras y deformaciones que actualmente presentan. Si las fluctuaciones que suceden en el ambiente son del mismo tamaño, tienen un riesgo muy bajo de sufrir daños adicionales. Esto se conoce como la "fluctuación insonorizada" (ASHRAE, 2003).

El grado C reconoce que la mayoría del potencial daño ambiental incontrolado puede prevenirse simplemente evitando extremos de humedad. Entre el 25% y 75% HR, la respuesta higroscópica de los materiales se reduce considerablemente, se evitan moho y corrosión rápida. Este grado se destina a los Bienes Culturales dentro de edificios históricos y el propio edificio que es tan importante como la colección. En los casos que presentaremos en capítulos posteriores, analizaremos el ambiente interno desde la perspectiva del grado de control B y C, ya que son los que mejor se ajustan a las características y necesidades de los templos estudiados.

Grado control D:

Este grado de control sólo indica que la humedad es "fiable por debajo de 75% HR". Se pretende evitar las condiciones de crecimiento biológico y la corrosión rápida debido a la humedad. Aunque tal objetivo normalmente no se considera una condición de diseño de ingeniería, se aplica a edificios históricos con baja calidad de la envolvente de la construcción. También es un buen objetivo para una colección en un edificio simple situado en un clima húmedo, como en los marítimos.

Maximum fluctuations and gradients in controlled spaces		Class of control
Short-term ¹ fluctuations and space gradients	Seasonal adjustments in system set point	
±5% RH ±2°C	RH no change. Up 5°C and down 5°C.	AA Precision control, minimal seasonal changes to temperature only.
±5% RH ±2°C	Up 10% RH and down 10% RH. Up 5°C and down 10°C.	A Good control, some gradients or seasonal changes.
±10% RH ±2°C	RH no change. Up 5°C and down 10°C.	A Good control, seasonal change to temperature only.
±10% RH ±5°C	Up 10% RH and down 10% RH. Up 10°C (but not above 30°C) and down as low as necessary to maintain RH control.	B Control, some gradients plus winter temperature setback.
Within range 25–75% RH year-round. Rarely over 30°C, usually below 25°C.		C Prevent all high risk extremes.
Reliably below 75% RH.		D Prevent damp.
¹ Short-term fluctuations are any fluctuations less than the seasonal adjustment; however, some fluctuations are too short to affect some less-sensitive artifacts and those that are enclosed.		

Tabla 2.5. Tabla de máximas fluctuaciones y gradientes permitidos para T^a y HR, según los grados ASHRAE. (Fuente ASHRAE).

CAPÍTULO 3



CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES. OTROS ESTUDIOS.

3.1.- La Capilla Sixtina.

- 3.1.1.- La Capilla.
- 3.1.2.- Proyecto de restauración.
- 3.1.3.- Investigaciones previas.
- 3.1.4.- Sistema de climatización.

3.2.- Ermita de Santa María Magdalena del Castell Vell.

- 3.2.1.- La Ermita.
- 3.2.2.- Campaña de medidas.
- 3.2.2.- Fase de recogida de datos ambientales.
- 3.2.3.- Fase de recogida de datos humedad en materiales.

3.3.- La Catedral Metropolitana de Valencia.

- 3.3.1.- Introducción.
- 3.3.2.- La Catedral.
- 3.3.3.- Capilla de San Francisco de Borja de la Catedral de Valencia.
- 3.3.4.- Capilla de San Miguel Arcángel de la Catedral de Valencia.

3.4.- La Iglesia de San Juan del Hospital.

- 3.4.1.- Introducción.
- 3.4.2.- Iglesia de San Juan del Hospital.
- 3.4.3.- Capilla de San Miguel Arcángel.
- 3.4.4.- Capilla de Santa Bárbara.

Uno de los objetivos de este capítulo es describir de forma resumida los resultados de las investigaciones realizadas en uno de los más emblemáticos edificios históricos, tanto por la importancia de su situación y cometido, como por la grandiosidad y excelencia de los elementos ornamentales que alberga. La Capilla Sixtina constituye sin duda la mayor joya del Vaticano, conteniendo las pinturas murales más famosas a nivel mundial.

En los siguientes puntos del capítulo, se presentarán los resultados de una selección representativa de campañas de medida realizadas por el doctorando a lo largo de los últimos 20 años, en diversas Iglesias y Capillas de Valencia y su Comunidad, con gran diversidad de entornos ambientales y tipos de Bienes Culturales en su interior. Estos estudios han servido, durante estos últimos años, de base y campo de aplicación de los métodos empleados actualmente.

Los capítulos 4 y 5 se dedicarán exclusivamente a los dos grandes proyectos de investigación realizados en la Basílica de la Virgen de los Desamparados y en la Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia.

3.1.- La Capilla Sixtina.

3.1.1.- La Capilla.

La Capilla Sixtina fue construida entre 1477 y 1480, por orden del papa Sixto IV, de quien toma su nombre, para restaurar la antigua Capilla Magna, (figura 3.1). Finalizadas las obras, y todavía durante el pontificado de Sixto IV, un grupo de pintores que incluía a Botticelli, Pietro Perugino, Luca Signorelli y Domenico Ghirlandaio fueron los encargados de decorar con pinturas al fresco motivos sobre la vida de Moisés y la de Jesucristo, junto a retratos de los Papas en la zona superior. Estas pinturas fueron concluidas en 1482. Figura 3.3. Posteriormente y por orden del papa Julio II, Miguel Ángel Buonarroti decoró la bóveda (1.100 m²) entre 1508 y 1512, para en 1533 hacerse cargo de la decoración de la pared del coro con el Juicio Final, encargado por el Papa Clemente VII de Medicis.

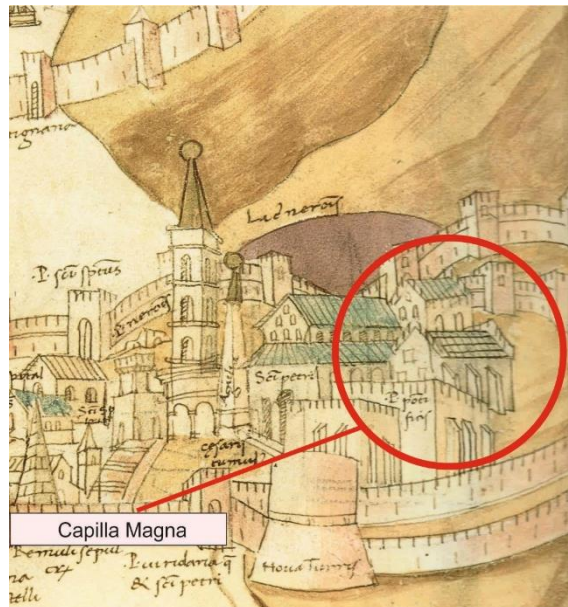


Figura 3.1. Antigua Capilla Magna (Ilustración Pietro del Massaio).

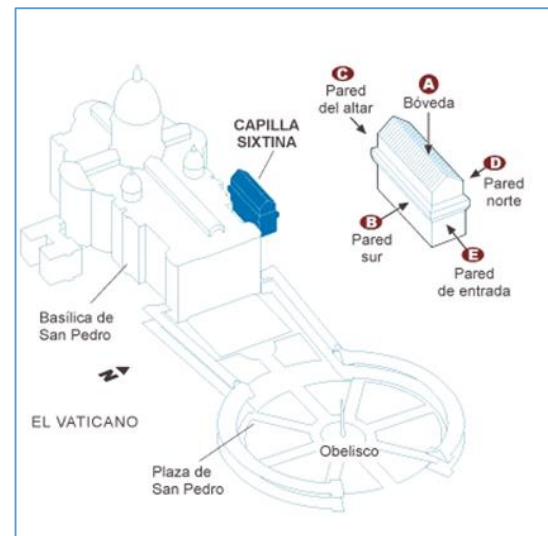


Figura 3.2. Situación de la Capilla Sixtina en el Vaticano.

La capilla es un edificio alto y rectangular, con medidas interiores de 40,9 metros de largo por 13,4 metros de ancho. El exterior no tiene adornos arquitectónicos ni escultóricos. No tiene fachada principal ni entradas exteriores, se accede a la misma a través del interior del Palacio Apostólico, y el exterior sólo es visible desde las ventanas de alrededor y desde patios interiores del palacio. Figura 3.2.

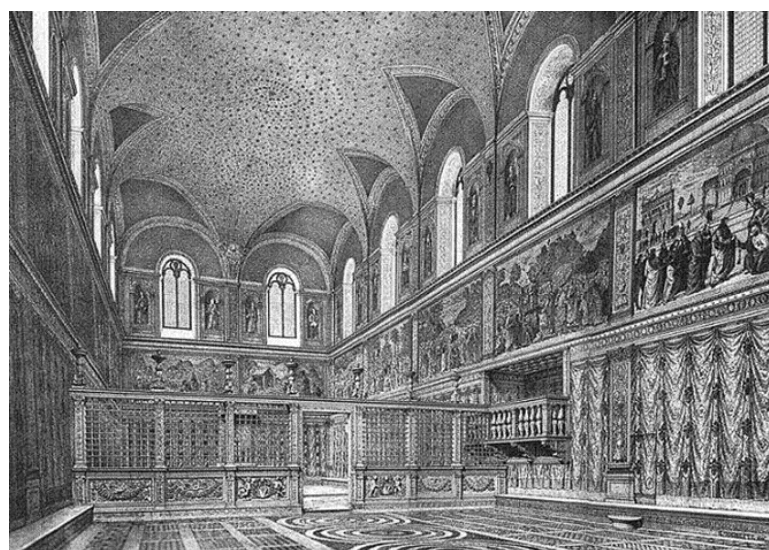


Figura 3.3. Grabado del siglo XIX que muestra el posible aspecto de la Capilla Sixtina a finales del siglo XV.

Miguel Ángel Buonarroti comenzó a pintar los frescos de la Capilla Sixtina, en 1508. La perfección de la Pietà de San Pedro (1499), lo había consagrado a temprana edad como el máximo escultor de su época, La bóveda de la Capilla Sixtina, con su extensión y su altura constituía un verdadero desafío para su tiempo. Desde el diseño de los andamios, hasta el perfeccionamiento de la técnica al fresco, supuso un reto para el artista. Miguel Ángel acabó por fin la obra, que se inauguró el 31 de octubre de 1512

3.1.2- Proyecto de restauración.

La limpieza de los frescos de la Capilla Sixtina se inició entre los años 1965 y 1974 por iniciativa de Deoclecio Redig de Campos (Director de los Museos Vaticanos en 1971), realizándose la intervención en la serie cuatrocentista de las Historias de Cristo y Moisés. En 1980 se reanudan los trabajos comenzando por los frescos de Hendrik van der Broeck y Matteo da Lecce. El montaje de los andamios permitió efectuar comprobaciones del estado de los frescos de Miguel Ángel correspondientes al luneto de Natán y Eleazar. Unas primeras pruebas de limpieza revelaron los colores originales de la pintura. Al completar la limpieza del luneto los resultados fueron verdaderamente asombrosos, (Pietrangeli, 1995). A principios de 1981 se estableció el plan de trabajo de la intervención sobre las pinturas de Miguel Ángel, extendiéndose los mismos hasta 1994.

Un breve resumen cronológico del proceso de estudio y ejecución del proyecto sería:

- Las labores se inician en 1965, con profundos estudios previos a lo largo de varios años.
- En 1975 comienzan los trabajos de acondicionamiento del techo de la Capilla Sixtina.
- En 1980 se emprende la limpieza de los frescos de las paredes y techos de Miguel Ángel.
- En 1983-84 se investiga el microclima y los polucionantes de la Capilla.
- En 1990 comienza la restauración del frontal del Juicio Final, de Miguel Ángel.

- Se comienza en 1984 a estudiar los problemas de instalación de los sistemas de filtración de aire y de Control Climático.
- En 1989 se emprenden las labores de montaje de equipos.
- En 1994 se inaugura y se presenta a Su Santidad Juan Pablo II los resultados de los trabajos de restauración, con el sistema de control ambiental en funcionamiento.
- En 2014 se renuevan las instalaciones de acondicionamiento de aire de la Capilla. Realizándose además un cambio total de iluminación y renovación del sistema de medición ambiental.
- En octubre de 2015 se celebra en la Capilla Sixtina el primer aniversario de la última intervención en el cambio de iluminación climatización. *“Nuovo respiro nuova luce”*.

Como se ha indicado, entre los años de 1980 a 1994 la Capilla Sixtina sufrió una cuidada restauración que estuvo a cargo de un equipo integrado por especialistas de los Museos Vaticanos y su director, Carlo Pietrangeli, por el profesor Fabrizio Mancinelli, historiógrafo del arte y director de los trabajos, y por Gianluigi Colalucci, Jefe-Restaurador. Figura 3.4. Entre junio de 1980 y octubre de 1984 se llevó a cabo la primera parte de la restauración, que comprendía trabajar en los lunetos pintados por Miguel Ángel. Después de eso, el trabajo se enfocó en la bóveda, que fue completada en diciembre de 1989 y se trabajó posteriormente en el Juicio Final, finalizado en 1994 después de cuatro años de intensa labor. La restauración se mostró al público el 8 de abril de 1994 cuando Juan Pablo II la desveló. Figura 3.5.

Durante muchos años los frescos de Miguel Ángel en la Capilla Sixtina, para muchos la mayor obra de arte en el mundo, han estado sujetos a un deterioro diario por las condiciones ambientales adversas. El humo provocado por el tráfico y la contaminación se introducía a través de las ventanas abiertas de la Capilla. Grandes fluctuaciones de humedad provocadas por la respiración y el calor humano de los cerca de cinco millones de visitantes al año. La suciedad circulaba y se depositaba a causa de las turbulencias del aire, produciéndose un importante deterioro por el continuo efecto de variaciones de temperatura y humedad.



Figura 3.4. El restaurador Gianluigi Colalucci, en 1993, limpia la cabeza de san Bartolomé en una sección del fresco del Juicio Final de Miguel Ángel.



Figura 3.5. Vista general de la Capilla Sixtina.

3.1.3- Investigaciones previas.

En el interior de la Capilla se realizaron diversos estudios sobre corrientes térmicas, flujos de aire, deposición de partículas y contaminantes, etc. Mostrando flujos cálidos y húmedos ascendentes impulsados contra la bóveda a medida que los visitantes la cruzaban cada día. Previamente existía un sistema de calefacción de aire subterráneo que incluso impulsaba los contaminantes con más fuerza hacia el interior de la Capilla. El aire caliente se extendía por él y la humedad era absorbida por el material poroso del fresco. Podía incluso producirse condensación en los mismos. Además la excesiva humedad podía provocar el crecimiento de moho y la formación de eflorescencias salinas.

Con todo ello, cualquier proyecto de intervención debía tener como principal objetivo la perfecta conservación de los frescos. Visitantes y feligreses debían encontrarse cómodos y la atmósfera debía ser completamente controlada. El aire

introducido debía ser completamente limpiado, incluso el agua usada para humidificar el aire debía ser purificada de manera adecuada. La temperatura de la superficie del fresco debía mantenerse constantemente registrada, así como la temperatura del aire y el punto de condensación cerca de los frescos, para prevenir la condensación y evitar las fluctuaciones de humedad. Para no dejar la contaminación circulando por el ambiente, el flujo de aire también debía ser controlado y filtrado.

Todos los problemas antes mencionados se acrecentaron después de que el Vaticano realizó la meticulosa restauración de las obras de arte, mostrando la brillantez de sus colores originales. Al remover la acumulación centenaria de hollín, colas y polvo, hizo a los frescos aún más vulnerables a las variaciones de la humedad y temperatura provocada por diversos factores externos.

A partir del análisis del microclima llavado a cabo por Dario Camuffo y Adriana Bernardi durante los años 1983 y 1984 en la Capilla Sixtina, surgieron muchas indicaciones generales, útiles para el posterior diseño de las medidas de control pasivas y activas que se requerían para mejorar la conservación de las pinturas. Los momentos más críticos del ambiente interno de la Capilla eran dos principalmente. El primero se producía por la mañana cuando se limpiaba la Capilla, con la apertura de puertas y ventanas alterando de forma brusca las condiciones termohigrométricas internas, homogeneizadas durante el periodo nocturno. Figura 3.6.

El segundo momento crítico se producía también todos los días, cuando un número enorme de visitantes comenzaban las visitas al edificio, alterando de nuevo la distribución termohigrométrica interior, propiciando procesos micro-físicos de estrés sobre los frescos y aumentando considerablemente la deposición de los contaminantes sobre los mismos

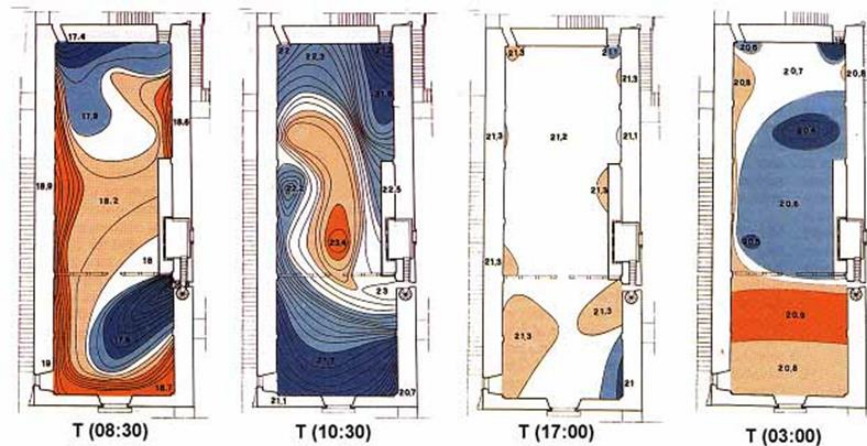


Figura 3.6. Distribución de temperaturas en el interior de la Capilla.
Influencia de apertura de puertas. (Camuffo, Bernardi, 1995).

El estudio demostró que hay ciclos diurnos y estacionales bien definidos. Los primeros son los más peligrosos porque son más frecuentes y porque están influenciados por el público visitante. Estos ciclos diarios son la causa de la evaporación y condensación en los microporos de las superficies pintadas al fresco y por lo tanto de la tensión mecánica. Estos ciclos también afectan de forma decisiva a la deposición de partículas mediante varios procesos físicos, provocando unas superficies cada vez más oscuras con el paso del tiempo y facilitando el deterioro químico o biológico, cuando hay humedad suficiente.

Para contrarrestar el tipo de ciclo estacional, es importante que el microclima se mantenga estable y homogéneo, principalmente con medidas pasivas, atenuando los cambios estacionales, reduciendo también así la deposición de contaminantes en las superficies. El estudio incluyó el seguimiento de la afección de la radiación solar directa sobre los muros pintados interiores a través de los ventanales, provocando calentamientos diferenciales importantes. Figura 3.7. Se caracterizaron también los flujos de aire inducidos por diversos factores y su afección a las pinturas murales.

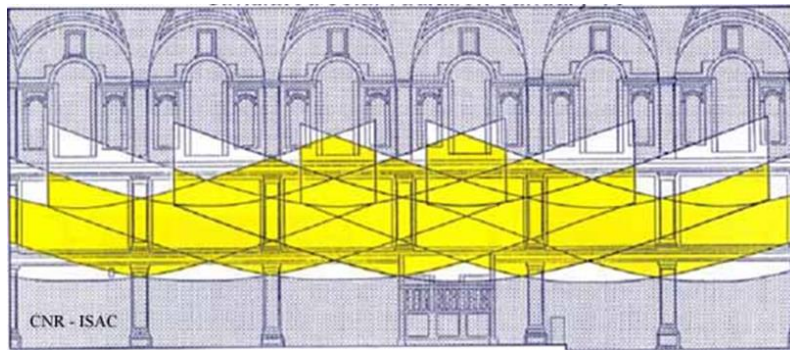


Figura 3.7. Evolución de radiación solar directa sobre las paredes interiores de la Capilla Sixtina. (Camuffo, Bernardi, 1995).

3.1.4- Sistema de climatización.

Es en 1993 cuando el Vaticano se dirigió a la empresa Delchi-Carrier (del grupo U.T. Carrier) para que diseñara e instalara un sistema de acondicionamiento de aire que permitiera a los frescos mantener su condición actual.

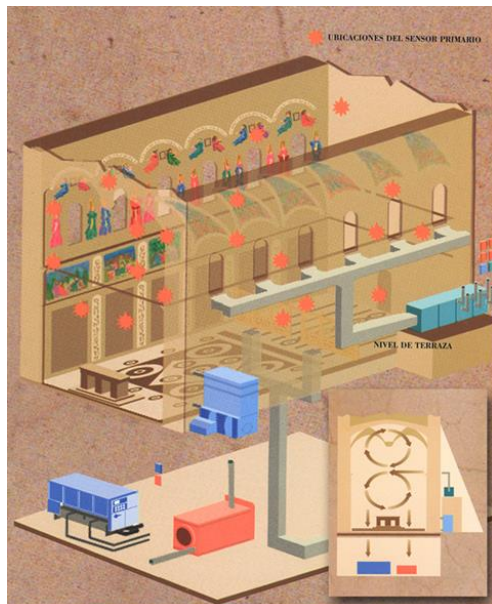


Figura 3.8. Esquema de situación de sensores y equipos y diagrama de flujos de aire. 1994.

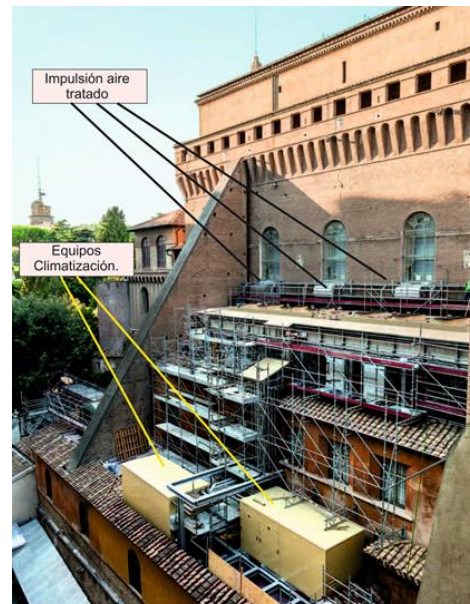


Figura 3.9. Situación de climatizadores e impulsión de aire tratado. 2014.

A través de la combinación de equipos enfriadores y calefactores existentes, sensores y controles computerizados, Carrier diseñó e instaló un sistema de acondicionamiento que baña las paredes y el cielo con aire en condiciones de humedad y temperatura totalmente controladas. Figura 3.8.

El sistema nació de la colaboración del Ufficio Tecnico del Vaticano y de la Delchi-Carrier que lo realizó. Fue precedido como se ha comentado antes, por un estudio sobre la dinámica del microclima y de los cambios termohigrométricos entre las paredes y la atmósfera interna de la Capilla, realizado durante 1983 y 1984 por Dario Camuffo y Adriana Bernardi del CNR ICTR de Padua. (Colalucci, 1995)

Este primer sistema de climatización de la Capilla, finalizado en 1994, permitía una carga máxima de 700 visitantes simultáneos. Contaba con un sistema de filtración del aire que eliminaba partículas de hasta 0,1 micrómetros. La temperatura se mantenía a 20°C en verano y a 25°C en invierno, siendo la humedad relativa a la altura de la bóveda del 55%, con una oscilación permitida del 5%. El sistema de cableado de los 92 sensores instalados, suponía miles de metros de cable.

Durante su periodo de vida útil, el sistema funcionó tal y como se había previsto, pero no era lo suficientemente potente como para soportar el creciente número de visitantes. Actualmente el número de visitantes anuales asciende a cerca de cinco millones, con cifras de hasta 20.000 al día. Por ello recientemente se ha remodelado el sistema, adecuando los equipos a los nuevos requerimientos, e implementando las mejoras tecnológicas necesarias. Figura 3.9.

El nuevo sistema, que sustituye al instalado a principios de los noventa, está diseñado para ofrecer un rendimiento excepcional con dos veces la eficiencia y tres veces la capacidad del anterior. La nueva solución utiliza tecnologías de ahorro de energía así como equipos diseñados especialmente para minimizar el ruido y limitar el movimiento del aire cerca de los frescos. Una vez instalado, el sistema ha sido diseñado para ser prácticamente imperceptible para los visitantes. Figura 3.10.

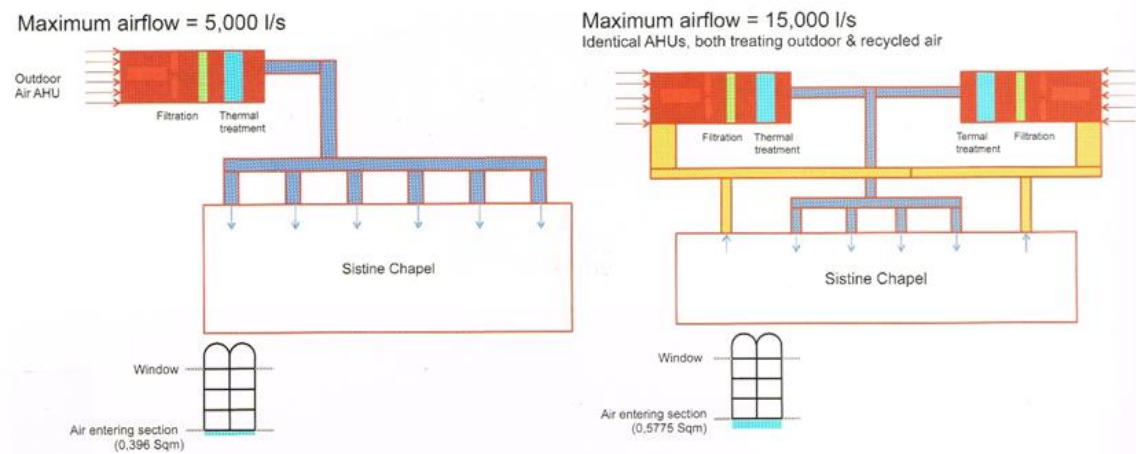


Figura 3.10. Sistemas de acondicionamiento de aire. Izquierda sistema precedente (1994), derecha nuevo sistema (2014). (Carrier).

Se han instalado cerca de 7.000 puntos de luz de tecnología LED, estudiados para dar una iluminación “tenue”, pero que a su vez haga resaltar todos los detalles de la Capilla Sixtina, suponiendo un importante ahorro energético y aportando al ambiente menos de la mitad del calor disipado por el anterior sistema.

Además de ser calentado, enfriado, humedecido o deshumedecido, el aire externo es filtrado para eliminar el polvo y otras partículas, pasando seguidamente por filtro químicos para anular los gases contaminantes. Por último pasa a través de un filtro final que retiene bacterias, polen, polvo y otras partículas de tamaño submicrónico. Después de este proceso el aire es conducido al interior de la Capilla donde es distribuido por difusores individuales instalados bajo las ventanas situadas en el lado sur del edificio. Los difusores son uno de los elementos más importantes de todo el sistema, cuidadosamente diseñados y colocados bajo las seis ventanas de la Capilla. Sus placas perforadas con forma de diamante optimizan el flujo del aire y controlan la velocidad del mismo, para asegurar el mínimo impacto sobre las pinturas murales. Figura 3.11.

Este flujo de aire a través de los difusores, se ha calculado para mantener la calidad ambiental, minimizando las velocidades cerca de los frescos y los muros de la sala, manteniendo a la vez unas condiciones confortables para los visitantes. Se emplearon potentes herramientas de simulación y la tecnología de medida de última generación con el objetivo de simular los flujos de aire y modelizar la atmósfera del interior de la Capilla. Figura 3.13. El sistema además debía ser invisible a los ojos del público, respetado los niveles sonoros y proporcionando suficiente flujo de aire para grupos de hasta 2.000 visitantes simultáneos en su interior (Carrier, 2014).



Figura 3.11. Difusor de aire bajo uno de los seis ventanales.



Figura 3.12. Situación de dos sensores de Temperatura y humedad ambiental.

El nuevo control del ambiente en la Capilla Sixtina cuenta con 27 sensores de temperatura del aire, 20 sensores de humedad, 19 sensores de temperatura superficial y 2 sensores de concentración de dióxido de carbono. En la figura 3.12 se muestran dos de los sensores combinados de T^a y HR sobre las cornisas, cerca del Juicio Final.

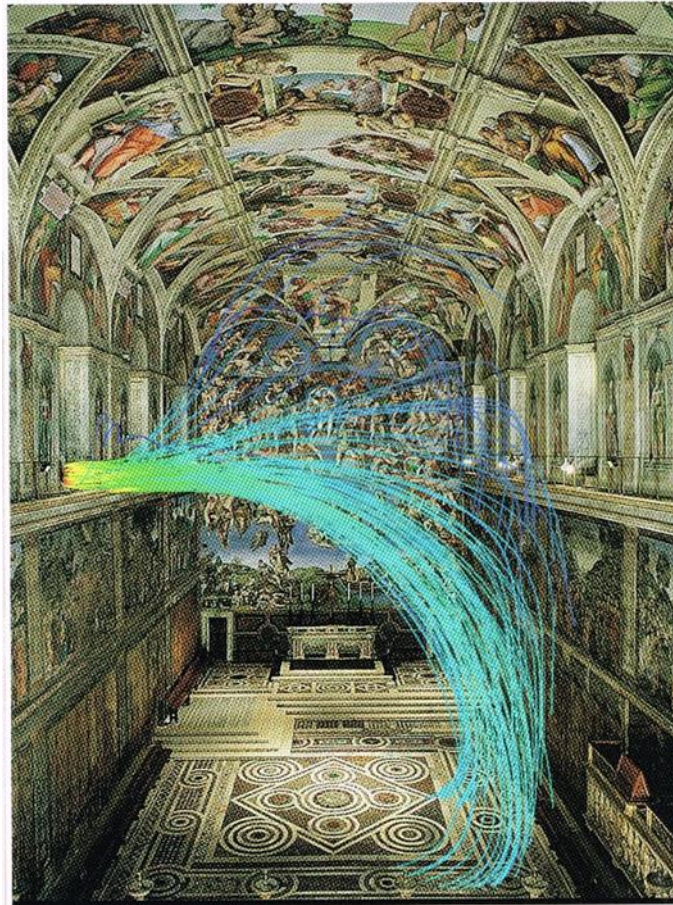


Figura 3.13. Modelo de flujos de aire en el interior de la Capilla Sixtina, (Carrier).

3.2.- Ermita de Santa María Magdalena del Castell Vell.

3.2.1.- La Ermita.

De la antigua ubicación de la ermita de Santa María Magdalena, cuya primera construcción data del siglo XIII, no se tiene constancia. En 1451 se inicia la construcción de la actual Ermita, en un lugar distinto del anterior y aprovechando una antigua cisterna de grandes proporciones excavada en la roca. La nueva edificación se estructura en dos naves paralelas, separadas por arcos muy rudimentarios y cubierta con bóveda de cañón.

El edificio adopta su configuración actual a partir de 1758 cuando el maestro de obras Vicente Pellicer reconstruye todo el conjunto. Las últimas obras en el ermitorio son de 1952, realizadas con motivo del VII Centenario de la fundación de la ciudad de Castellón. Figura 3.14.



Figura 3.14. Imagen en cerámica de la Ermita de Santa Magdalena,

Los muros del edificio son de sillería de gran espesor, se revocan con morteros de cal existiendo en el exterior zonas de ladrillo visto. Los muros longitudinales tienen un suave talud, y la traza de las bóvedas y arquería manifiestan una clara intencionalidad de arco de herradura muy tosco. En la nave principal, junto a la puerta de entrada, se encuentra el púlpito, realizado de obra y terminado en yeso con molduras. Parte de la ermita está enterrada en el terreno, por lo que a la inercia térmica de los propios muros debemos añadir el efecto del espesor de tierra que rodea el recinto. Figuras 3.15.

3.2.2.- Campaña de medidas.

En 1994, el Ayuntamiento de Castellón solicitó de la Diputación Provincial de Castellón la posibilidad de limpieza y restauración del interior de la Ermita de La Magdalena. Su preocupación se centraba por un lado en el muro más antiguo con signos góticos, y por otro en el resto de paramentos que presentaban desprendimientos y daños múltiples. Se hacía imprescindible realizar un estudio de las diferentes capas que conformaban los muros, así como de las causas de las alteraciones.



Figura 3.15. Vista general de la Ermita de la Magdalena y entrada principal.

El primer trabajo fue la realización de catas para analizar las decoraciones, y el estado del muro de soporte. Las catas fueron realizadas por las restauradoras M.J. Escrig, M. Iranzo, C. Puertes y V. Quiroga, bajo la dirección de Ana M^a Calvo Manuel. Se tomaron muestras de los diferentes morteros y pinturas, y se localizaron los problemas de humedades, eflorescencias y criptoflorescencias en varias zonas de los muros.

Simultáneamente el doctorando Enrique Vivó, a petición de las restauradoras, realizó un estudio de las condiciones ambientales del interior de la Ermita, planificando una campaña de medidas entre los meses de febrero y marzo de 1995, que se expone a continuación.

De las catas realizadas se pudo determinar la existencia de hasta once capas de diferentes decoraciones. Figuras 3.16 y 3.17. Estas capas de pinturas al temple constituyen zócalos y decoraciones geométricas que se superponen, en muchos casos por deterioro de los subyacentes, indicándonos la serie temporal del cuidado interior de la Ermita y de los gustos estéticos de cada momento histórico.

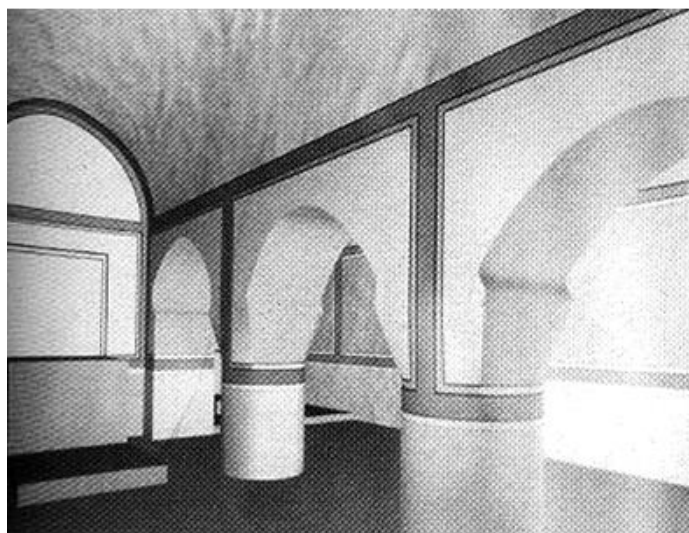


Figura 3.16. Simulación informática de una de las capas de pintura de la ermita.

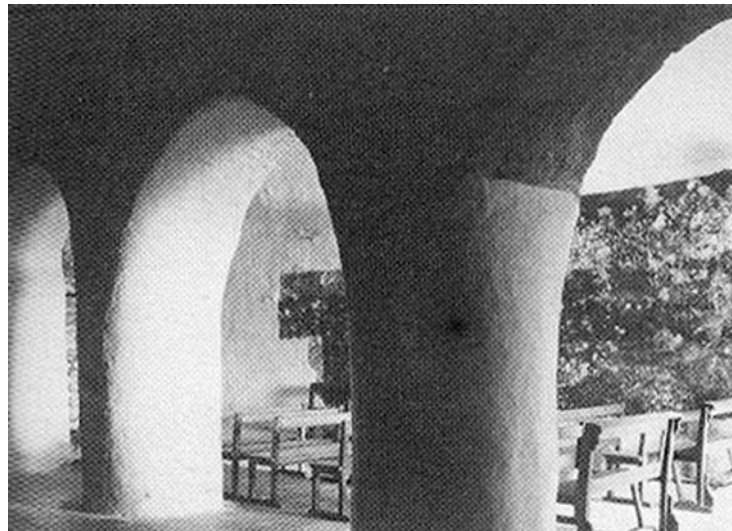


Figura 3.17. Muro con las pinturas góticas.

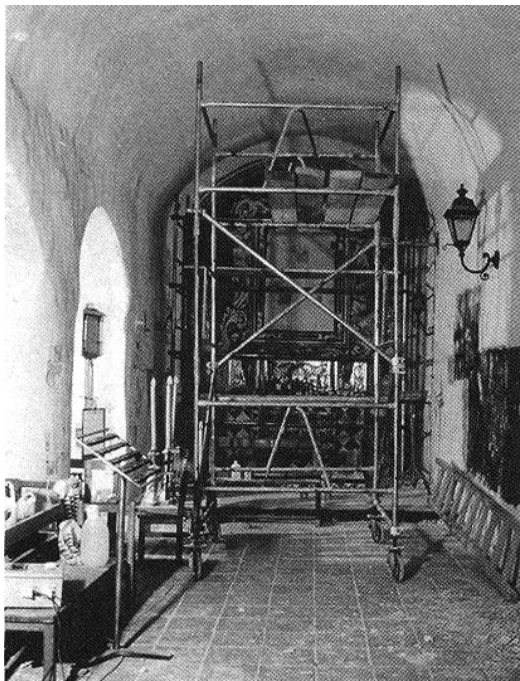


Figura 3.18. Aspecto interior de la Ermita, con andamio para trabajos de restauración.

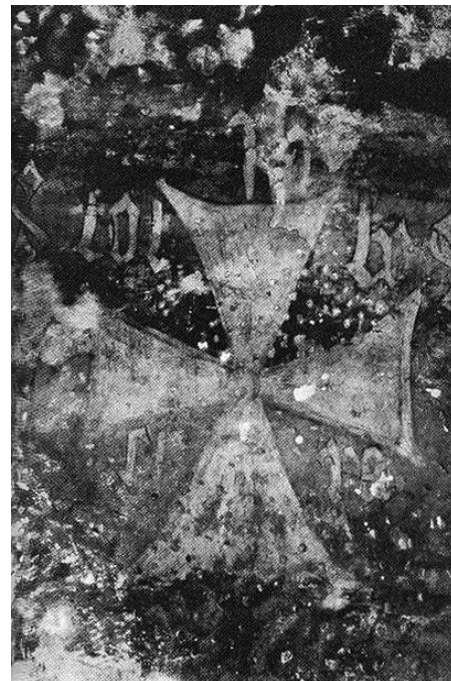


Figura 3.19. Detalle de la cruz gótica sobre el muro Este.

La investigación que se llevó a cabo intentó determinar y localizar los posibles focos de deterioro. Para ello se realizó una inspección que anota todos los datos de interés, en cuanto a manchas de humedad, deterioro de los materiales y condiciones termohigrométricas puntuales (humedad relativa, temperatura ambiente, temperatura superficial, etc.). Al ser las últimas rehabilitaciones tan recientes, la zona de cubiertas está en perfecto estado, no existiendo a simple vista problemas de filtraciones en las cornisas. Figura 3.18.

El principal objetivo fue analizar el microclima del interior de la Ermita y las interacciones entre la atmósfera y las superficies, poniendo de manifiesto ciclos a los cuales el material está sometido, los gradientes térmicos e higrométricos, las corrientes de aire, etc. Consecuentemente encontrar las causas aceleradoras del proceso de degradación de las pinturas murales se convierte en la tarea clave a la hora de aconsejar el control del ambiente idóneo para la conservación preventiva. Después de poner en evidencia las fuentes de perturbación climática, el principal objetivo era intervenir de manera correcta para eliminar o, al menos, para atenuar los efectos que más adelante se comentarán.

3.2.3.- Fase de recogida de datos ambientales.

De las primeras inspecciones se desprende lo siguiente:

- El terreno presenta una pendiente muy pronunciada, al encontrarse la Ermita en lo alto de un promontorio. Es por ello que el terreno tiene un buen drenaje, con lo que el problema de aguas estancadas es muy improbable. La vegetación está compuesta principalmente por pinos y pequeños matorrales.
- Se recopilaron los planos que existen para determinar las orientaciones de los muros, espesor de los mismos, etc. Se realizó una campaña fotográfica para tener constancia gráfica de deterioros, situación de pinturas y disponer de un registro de las alteraciones que se fueron observando en el tiempo.

- El clima es de tipo mediterráneo. Los meses más secos son los más calurosos. La situación en lo alto de un promontorio expone al edificio a vientos procedentes directamente de la costa, con un aire conteniendo una alta concentración de cloruros, cuyo efecto se explicará más adelante con detalle. Debemos destacar la escasez de lluvias durante los últimos meses.

El plano de situación de los muros y orientaciones a las que nos referiremos en adelante es el siguiente. Figura 3.20.

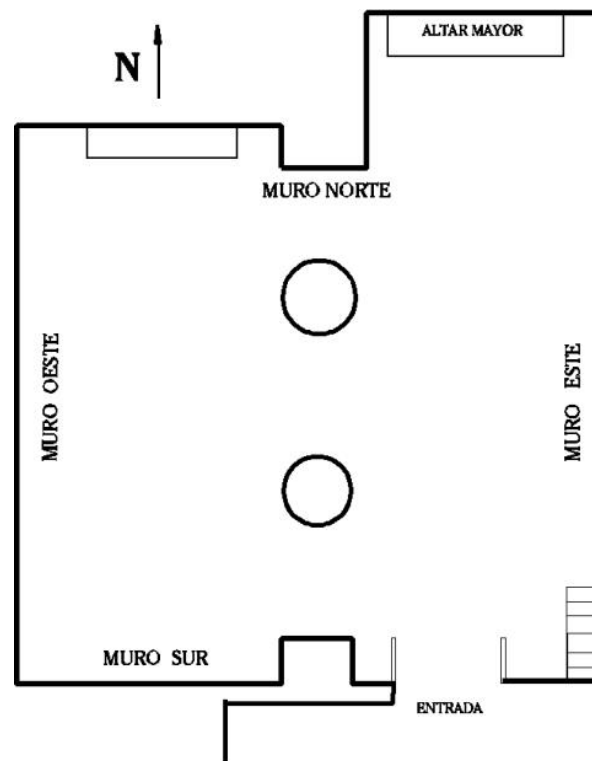


Figura 3.20. Plano de planta del interior de la Ermita de la Magdalena.
Situación de muros interiores.

La campaña de medidas comenzó el día 17 de Febrero de 1995 y terminó el 10 de Marzo. Se instaló un psicrómetro con termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo, así como un termómetro de máxima y mínima, para registrar a lo largo de un período de tiempo significativo las condiciones ambientales en el interior de la Ermita. Se realizaron de 3 a 4 observaciones diarias a distintas horas, anotando la temperatura

seca y humedad relativa del ambiente tanto interior como exterior. En las tablas siguientes se resumen los valores obtenidos directos y los correspondientes a las transformaciones psicrométricas (temperatura de punto de rocío y humedad relativa). Tablas 3.1 y 3.2.

Las principales características observadas fueron:

En el interior. Las manchas de humedad más extendidas se localizaron en el muro Este, el cual alberga una pintura mural sobre un mortero de cal. Figura 3.19. El origen de estas humedades se estudiará más adelante, intentando distinguir entre humedad por capilaridad, por infiltraciones o por condensaciones. El resto de los muros no presentaban manchas de importancia a simple vista, un examen posterior con el medidor de humedades aportó más información. Se anotaron otros síntomas de interés como la disgregación de revocos y morteros, existencia de eflorescencias y criptoflorescencias, y ausencia de manchas de hongos.

Las condiciones termohigrométricas fueron tomadas con un medidor de humedad relativa y temperatura portátil a diversas alturas y posiciones, obteniendo los siguientes valores: (12.30 Horas)

- *Humedad relativa:* Valores del orden de 62 % en toda la estancia con ligeras variaciones en las cercanías de la puerta de acceso, provocadas por la entrada de aire exterior.
- *Temperatura:* 20.5 °C

El grado de saturación del aire expresado en términos de humedad relativa, depende tanto del contenido de vapor (humedad específica), como del nivel térmico. El parámetro temperatura del punto de rocío expresa el grado que una masa de aire dista al punto de saturación.

La interrelación entre todas estas variables es bastante compleja y su evolución no es fácilmente predecible, entrando en juego la HR, la T^a y la Humedad específica. Por todo ello, a fin de evidenciar la posible condensación o evaporación, es muy útil analizar la temperatura superficial de los muros para detectar la posibilidad de condensaciones. La medición de esta temperatura nos revela una uniformidad en todos los cerramientos con valores del orden de 16 a 17°C. La no homogeneidad de la distribución de HR y de la Temperatura de rocío se puede atribuir claramente a la apertura de puertas y ventanas con la consiguiente entrada de corrientes de aire incontroladas, a la presencia de público y cargas térmicas puntuales de origen diverso.

El análisis de las tablas 3.1 y 3.2 nos muestra unos niveles de humedad relativa dentro de un rango que oscila entre el 50 % y 70% siendo las variaciones diarias de $\pm 10\%$. La temperatura superficial de los cerramientos dista varios grados °C de la temperatura del punto de rocío, por lo que las condensaciones de agua sobre superficies frías no son posibles en el intervalo horario que se analiza. Las temperaturas extremas van desde los 20°C del día a mínimas de 16°C. La gran inercia de los muros evita grandes diferencias térmicas aunque las condiciones externas sean desfavorables.

La conservación preventiva de las pinturas murales requiere un máximo de estabilidad, para lo cual, la humedad del aire que baña las superficies debería ser mantenida a un nivel constante durante todo el año, ya que las grandes oscilaciones permitirían que el enlucido poroso aspirase y despidiera vapor de agua, pudiendo provocar graves deterioros. Esta humedad depositada en la superficie de las pinturas murales, aumenta la posibilidad de que se produzcan daños, se forme moho y se depositen sales debido al proceso de exudación que ocurre en el mortero que soporta las pinturas. Además, como se ha explicado con detalle en capítulos anteriores, la existencia de gradientes (diferencias) térmohigrométricos entre paredes y aire ambiente, es causa directa e indirecta del proceso microfísico que puede aumentar notablemente la deposición de partículas.

En el exterior. Gran parte del edificio se encuentra dentro del terreno, una primera inspección nos ofreció un aspecto de buena conservación, sin manchas importantes de humedad. El ladrillo no estaba alterado y en la cubierta no existían juntas deterioradas que pudieran favorecer las infiltraciones de agua de lluvia. No se observaron alteraciones especialmente importantes en la línea de cornisa.

Las condiciones termohigrométricas tomadas del exterior al Sur-Oeste (12.30 Horas), fueron:

- *Humedad relativa:* 54.5 %
- *Temperatura:* 24.5 °C

Incluimos a continuación las tablas de recogida de datos de los equipos fijos instalados en el interior de la Ermita.

Leyenda:

Ts: Temperatura seca.

Th: Temperatura húmeda.

Tr: Temperatura del punto de rocío.

HR: Humedad relativa.

FECHA	HORA	Ts (°C)	Th (°C)	Tr (°C)	H.R. %
17-feb	0:00	19.5	15.5	13.03	66.2
20-feb	9.30	22	14.5	9.2	44
MAXIMO: 19°C	13.30	18.5	14.5	11.8	65.3
MININIMO: 18°C					
	15.00	19	15	12.4	65.8
21-feb	8.50	17.5	14.5	12.5	72
MAXIMO: 19°C	11.20	19	15	12.4	65.8
MININIMO: 17°C					
	13.30	19	15	12.4	65.8
	15.00	19	15.5	13.3	69.8
22-feb	8.40	17.5	14	11.65	68.5
MAXIMO: 18°C	10.40	17.5	13	9.72	60.2
MININIMO: 17°C					
	15.00	18	13.5	10.3	68.8
23-feb	8.30	17	13.5	11.08	68.1
MAXIMO: 18°C	10.15	17.5	13.5	10.7	64.4
MININIMO: 17°C					
	13.20	18.5	13.5	10.9	61.3
	15.20	18.5	14	10.9	61.3
24-feb	8.45	17.5	13.5	10.7	64.4
MAXIMO: 19°C	10.25	18	14	11.3	64.8
MININIMO: 16.5					
	13.00	18.5	14.5	11.9	65.3
	14.35	18.5	14.5	11.9	65.3
27-feb	11.30	18	13	9.31	56.8
MAXIMO: 19°C	13.00	18.5	13.5	9.93	56.8
MININIMO: 16.5					
	14.00	18.5	13.5	9.93	56.8
	15.00	18.5	13.5	9.93	56.8
28-feb	11.25	17.5	12.5	8.69	56.2
MAXIMO: 19°C	12.30	18	12.5	8.25	52.9
MININIMO: 16.5					
	14.00	18	12.5	8.25	52.9
	15.10	18.5	13.5	9.93	57.4

Tabla 3.1. Datos ambientales temperatura y humedad relativa. Ermita de Santa Magdalena.

FECHA	HORA	Ts (°C)	Th (°C)	Tr (°C)	H.R. %
01-mar	8.40	17	12.5	9.11	59.7
MAXIMO:	10.10	18	12.5	8.25	53
MININIMO:					
	15.10	18	13.5	10.3	60.8
02-mar	8.40	17.5	12.5	8.7	56.2
MAXIMO:	11.00	18	13	9.3	56.8
MININIMO:					
	15.00	18	13.5	10.32	60.8
03-mar	8.45	17	13	10.11	63.9
MAXIMO:	15.50	19.5	14	10.15	54.7
MININIMO:					
06-mar	9.00	17	13	10.11	63.9
MAXIMO: 20°C	15.00	18.5	13	8.9	53.5
MININIMO: 16.5					
07-mar	8.45	17	12	8	55.6
MAXIMO: 18°C	10.00	17.5	11.5	6.5	48.3
MININIMO: 16°C					
	12.45	17.5	11	5.3	44.5
	15.15	18	11.5	6	45.3
08-mar	9.00	17	12.5	9.11	59.7
MAXIMO: 19°C	11.25	17.5	12.5	8.7	56.2
MININIMO: 16°C					
	13.00	18.5	12.5	7.8	49.7
	15.10	19	13	8.47	50.4
09-mar	8.30	16.5	11.5	7.43	55
MAXIMO:	9.30	17	12	8.06	55.6
MININIMO:					
	11.30	18	12	8.25	53
	13.00	18	12.5	8.25	53
	15.40	18.5	13	8.9	53.5
	17.35	17.5	13	8.7	60.2
10-mar	8.30	18.5	13	8.9	53.5
MAXIMO: 18.5	9.30	17.5	13	9.7	60.3
MININIMO: 16.5					
	12.00	18	14	11.3	64.8

Tabla 3.2. Datos ambientales temperatura y humedad relativa. Ermita de Santa Magdalena.

3.2.4.- Fase de recogida de datos humedad en materiales.

En la Ermita y en general en todos los edificios antiguos, la humedad es estática, mantiene los sillares húmedos durante largos períodos de tiempo, con pequeñas variaciones estacionales. Esto ocurre debido a la gran cantidad de sales higroscópicas que contienen los materiales, las cuales tienen la capacidad de absorber agua de la atmósfera circundante al variar las condiciones ambientales del recinto. Además esta humedad es muy difícil de eliminar. Dado el gran espesor de los muros, el interior de los mismos se mantiene frío y no genera la presión de vapor necesaria para romper el equilibrio térmico de la sal hidratada.

El muro más afectado por la humedad es el orientado al Este. Todo el muro estaba sobresaturado de agua, sobrepasando con mucho la humedad de equilibrio propia de los materiales que lo componen. Estos materiales contienen sales solubles en mayor o menor grado. Al humedecerse, estas sales se disuelven en el agua y son transportadas por ella en su movimiento a través del sistema poroso del material. En el proceso de hidratación-deshidratación, los cristales varían de volumen. Esto provoca las eflorescencias que se presentan en forma de manchas blanquecinas sobre la superficie de la pintura mural. También se observaron efectos mucho más destructivos, las criptoflorescencias que provocan la rotura microestructural del material, apareciendo escamaciones y deplacaciones a lo largo de toda la superficie de la pared.

Este aporte exterior y continuo de humedad procedía de un aseo y pozo ciego realizados hacía pocos años, lindando con este muro, para los usos continuos del lugar (reuniones de cofradías, escuelas taller, autoridades el día de la romería, etc.). Encontrándonos también con humedades de filtración de aguas negras, y por capilaridad ascendentes por toda esta zona

El muro del testero o altar, linda con un aljibe que se construyó en 1605, y que sólo cuando se llena de agua hasta cierta altura filtra al interior de la Ermita, lo que demuestra que en alguna zona debían existir fisuras a ese nivel.

Las sales que se encuentran son cloruros y carbonatos. Los primeros son debidos a la cercanía del mar y los segundos están presentes en los morteros de cal, tan empleados en edificios antiguos. Por las observaciones realizadas, estas deplacaciones se habrían producido recientemente. Causa directa de ello podría ser los cambios bruscos de las condiciones ambientales en el interior de la Ermita debidas a la presencia de personas y focos de iluminación, necesarios por otra parte para la restauración.

El calentamiento del ambiente debido a los focos de iluminación colocados (un foco de 2.500 W y dos de 500 W) provocó un secado del aire que aumentó el trasiego de vapor de agua desde el muro hacia el ambiente. Además esta pared se encuentra situada en la corriente de aire incontrolada que se produce por la apertura de la única puerta de acceso situada en el muro Sur. Debido a los trabajos de restauración, la puerta estaba abierta del orden de 6 a 8 horas todos los días. Durante estos períodos, el muro Este estuvo sometido a cambios bruscos en las condiciones termohigrométricas del aire que baña su superficie.

La ausencia de biodeterioro en las inspecciones visuales realizadas y los niveles de temperatura de rocío por debajo de la temperatura superficial de los muros (16-17°C) indicaban que los procesos de condensación no estaban presentes. Un estudio más detallado a lo largo de otros períodos estacionales nos aportaría más datos sobre este tipo de humedad. Las humedades por filtraciones eran de escasa importancia gracias a la buena conservación de las cubiertas y la línea de cornisa, no existiendo fisuras ni juntas en mal estado que permitiera la entrada de agua de lluvia. Las mediciones de humedad en los materiales que recubren los muros se realizaron a una profundidad de 4 mm en zonas sin estratos pictóricos, para no dañar la ornamentación mural. Los resultados de un primer análisis se exponen en los diagramas siguientes. Los valores

de contenido de humedad se dan en tanto por ciento de agua en peso de material. Figura 3.21.

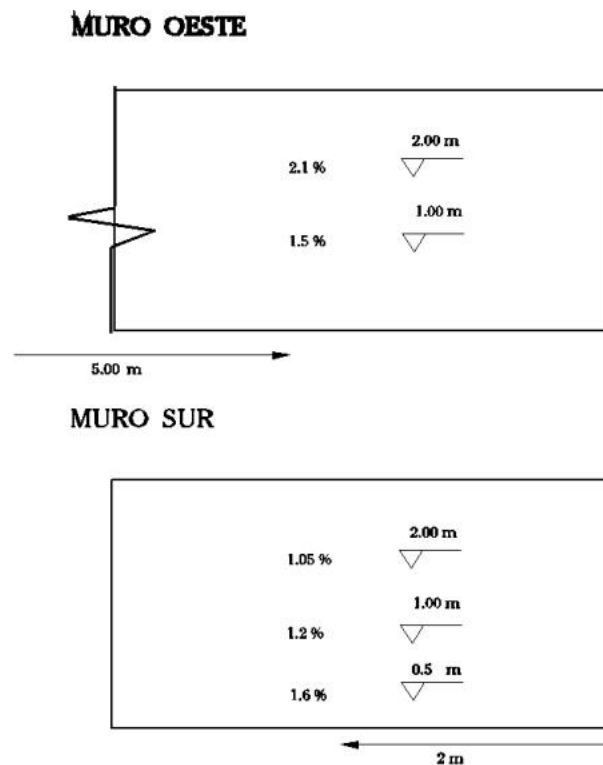


Figura 3.21. Mediciones de humedad en materiales en muros de la Ermita.

Tanto el muro Oeste como el Norte, presentaban un comportamiento atípico. El gradiente de humedad no disminuía con la altura como era de esperar. Esto indicaba que el contenido de agua por capilaridad era bajo. La mayor parte de estos muros están en contacto con el terreno exterior que mantiene los paramentos con un grado de humedad algo más elevado que el resto. El muro Norte presentaba de 0.94 a 1.05 % de contenido de agua. El muro Sur presentaba un zócalo capilar uniforme, cuyo contenido de humedad disminuía con la altura. Este muro es exterior y se encuentra en sombra. No se detectaron mohos ni eflorescencias, ni tampoco disgregación superficial del material. Como se comentó anteriormente, el muro Este era el más deteriorado a simple vista, siendo el que tiene la pintura mural representando una Cruz gótica. Presentaba también un zócalo capilar cuya humedad sobrepasaba con mucho el contenido de agua de los demás cerramientos, llegando a valores de hasta el 8 % de contenido de humedad

Podemos concluir afirmando que las variaciones microclimáticas pueden considerarse decisivas en relación con el deterioro observado en los paramentos. De hecho, puede ocurrir cristalización de sales dependiendo de las variaciones de temperatura y humedad, con devastadores efectos. En el caso que nos ocupa, las frecuentes variaciones de temperatura y humedad relativa causaron muchas transiciones de fase de las sales presentes en el muro, incluso en un día solamente, con el consiguiente perjuicio para estructuras porosas. La baja ventilación y la alta humedad relativa en algunas zonas favorecían los procesos de cristalización como eflorescencias; por el contrario en las zonas más cercanas a la puerta se podría promover la cristalización como subflorescencias con mayor daño.

Instrumental empleado.

- Termómetro de máximas y mínimas.
- Psicrómetro
- Medidor de humedad en materiales Aquaboy DBMI
- Termohigrómetro portátil. Elca ftm.
- Termómetro de infrarrojos Infrared.



Figura 3.22. Estado actual del interior de la Ermita de la Magdalena.

3.3.- La Catedral Metropolitana de Valencia.

3.3.1.- Introducción.

Las peticiones de los estudios que describimos seguidamente, fueron realizadas por la Dra. María Gómez Rodrigo, Técnico en Conservación y Restauración del Patrimonio Mueble de la Catedral Metropolitana de Valencia, entre los años 1995 y 1999. Todos ellos se refieren al análisis de las condiciones ambientales básicas de los nuevos emplazamientos para obras recientemente restauradas o traslado de otras dentro de la misma Catedral Metropolitana de Valencia. Presentamos los estudios de:

- Traslado de dos óleos sobre lienzo de Francisco de Goya a la Capilla de San Francisco de Borja. 1995.
- Nuevo emplazamiento del retablo de *San Miguel* de Vicente Masip. 1997.

3.3.2.- La Catedral.

La Catedral Metropolitana de Valencia se construyó entre 1262 y 1356, en sus orígenes se componía de tres naves con tres tramos, siendo la nave central de tramos cuadrados, mientras que las naves laterales son de tramos rectangulares. El cuarto tramo que ahora tiene se construyó en el siglo XV, con el fin de unir el templo con la antigua Sala Capitular y con la torre campanario El Micalet, exento en un principio al edificio principal. Figura 3.23. El templo en la actualidad se compone básicamente de tres naves de cuatro tramos, nave de transepto, girola, y presbiterio poligonal. Figura 3.24. En las naves laterales hay cuatro capillas a cada lado. La girola dispone de ocho capillas absidiales. Las cubiertas están construidas con bóvedas de crucería y plementería de ladrillo. Tanto los arcos que soportan la nave central como los formeros que separan las naves entre sí, son arcos apuntados. (J.Díez, 2014).

La Catedral de Valencia es principalmente de estilo gótico. Sin embargo, su construcción se prolongó durante siglos, encontrando una mezcla de estilos artísticos, desde el temprano románico, hasta el renacimiento, el barroco recargado y el neoclasicismo. En total las dimensiones de la Catedral de Valencia son 94 metros de largo y 53 metros de ancho en la nave del crucero.

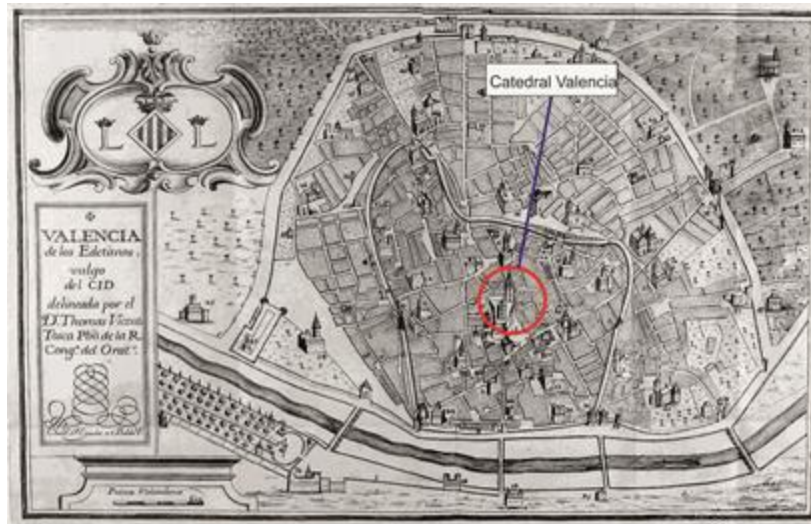


Figura 3.23. Situación Catedral de Valencia. (Plano de Tomás Vicente Tosca. 1738)

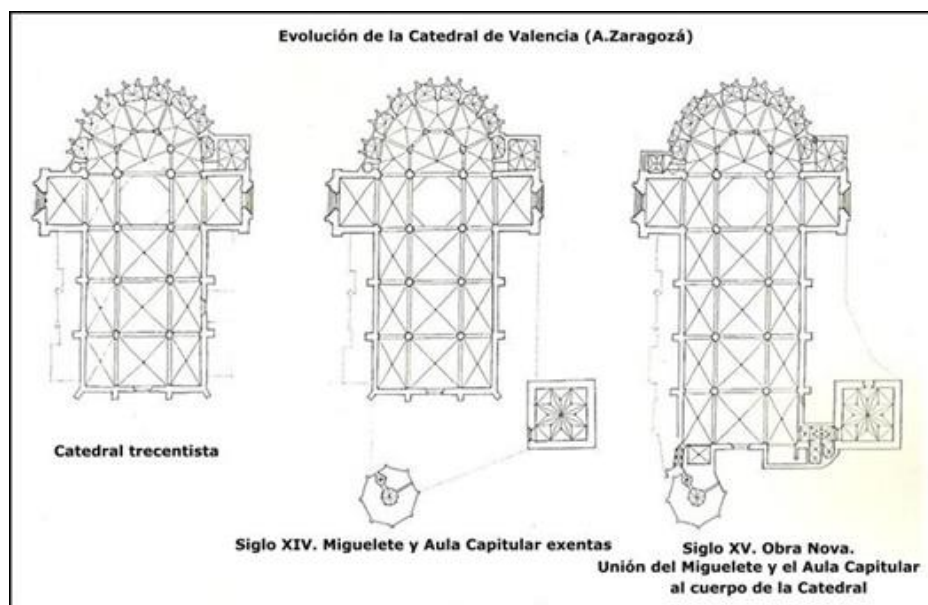


Figura 3.24. Evolución constructiva de la Catedral de Valencia. (A. Zaragoza).

3.3.3.- Capilla de San Francisco de Borja de la Catedral de Valencia.

El presente informe constituye una primera aproximación y toma básica de datos para el análisis termohigrométrico de la capilla de San Francisco de Borja de la Catedral Metropolitana de Valencia, donde se pretenden trasladar dos óleos sobre lienzo de Francisco de Goya (1746-1828). Figuras 3.25, 3.26 y 3.27.

Obras de Francisco de Goya pintadas ambas en 1788:

- *San Francisco de Borja despidiéndose de su familia. 1788. 300 X 350 cm*
- *San Francisco de Borja y el moribundo impenitente. 1788. 300 X 350 cm*



*Figura 3.25.
Lado izquierdo capilla.*



*Figura 3.26.
Vista general Capilla*



*Figura 3.27.
Lado derecho capilla.*

El conocimiento de las principales variables que rigen el comportamiento térmico y frente a la humedad de la estructura, es imprescindible para defender las pinturas de posibles agresiones que las bruscas variaciones pueden provocar. En todo momento debemos tener presente que las medidas realizadas deberían ser continuadas en el tiempo, pero se presentó este primer estudio como adelanto de las condiciones que nos encontraríamos en la capilla.

Queda claro, igualmente, que la evolución del fenómeno de interacción entre ambiente y obra depende también de la especial conformación de los lugares (ambientes cerrados, semicerrados, etc.). Resulta, por lo tanto, que para caracterizar el comportamiento general del ambiente es necesario que la medición continua de los parámetros se realice en varios puntos elegidos oportunamente. Del análisis de los datos así obtenidos, de sus relaciones y dependencias se podrá llegar a la comprensión de los fenómenos que pueden poner en riesgo las obras. Se emplean oportunamente las siguientes medidas:

- Temperatura ambiental.
- Temperatura de contacto.
- Humedad relativa.

El cubrir con las medidas intervalos de tiempo más grandes nos proporcionaría una valiosa información para así poder estimar en verdadera magnitud las evoluciones tanto diarias como mensuales de los parámetros de interés. El cometido final de este análisis y de posteriores estudios, es determinar las diversas patologías a las que está o puede estar sometida la estructura que conforma el ambiente microclimático, espacio singular que albergará las obras de arte.

Descripción de la Capilla.

La Capilla de San Francisco de Borja se trata de una obra de estilo neoclásico de Antonio Gilabert y Lorenzo Martínez, del siglo XVIII, de planta cuadrada y cúpula semiesférica. En el lado izquierdo de la capilla se situará el óleo sobre lienzo “*San Francisco de Borja despidiéndose de sus familiares en su palacio de Gandía para ingresar en la Compañía de Jesús*”, y en el lado derecho, “*San Francisco de Borja asistiendo a un moribundo impenitente*”.

La capilla en estudio está orientada al Sur-Este, Figura 3.28 y 3.29. La composición de sillería de gran espesor de los muros, es determinante a la hora de evaluar la

amortiguación térmica respecto al exterior y la respuesta ante humedades por infiltraciones y capilaridad.

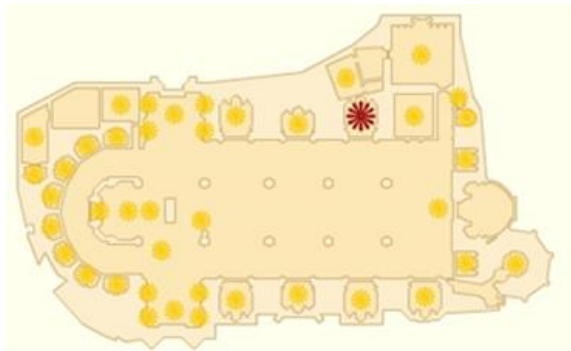


Figura 3.28. Localización Capilla de los Borja en la Catedral de Valencia.



Figura 3.29. Esquema de la planta de la Capilla de los Borja.

Podríamos resumir los principales focos de contaminación térmica y de humedad de la siguiente manera:

- Presencia de fieles y visitantes, con la consiguiente introducción de calor sensible y latente, contaminantes producidos por el metabolismo humano, polvo y otros elementos del exterior.
- Corrientes de aire incontroladas.
- Posibles infiltraciones de agua tanto por la cimentación como por grietas o fisuras en la fachada exterior y cubiertas.
- Iluminación.

El calor sensible provoca movimientos convectivos del aire, produciéndose deposiciones de polvo ambiental en las superficies, así como variaciones de temperatura que pueden originar contracciones y dilataciones diferenciales en la superficie pictórica y bastidores de madera.

Situación microclimática.

Se realizó la campaña de medidas con el instrumental portátil descrito en el capítulo 1. Como complemento, adjuntamos la evolución de la temperatura y Humedad relativa del ambiente exterior de la Catedral con los datos de los sistemas de monitorización de la Basílica de la Virgen, del sensor CH32-42 situado en la plaza de la Virgen. En las figuras 3.30 y 3.31, se presenta la evolución de los parámetros exteriores el día 16 de diciembre de 1995 zona marcada como **A**, y de la semana del 13 al 18 de diciembre.

Primera campaña de medidas:

- Día: 16 de Diciembre de 1995, Sábado. 18:00 h.
- Afluencia de feligreses: 60 % de ocupación, nave central Catedral.
- Condiciones exteriores. Plaza de la Virgen.
 - Temperatura ambiente 21.3 °C
 - Humedad relativa 51 %
- Condiciones interiores de la Capilla.
 - Temperatura ambiente media 18.5 °C
 - Humedad relativa media 60 %
- Condiciones interiores. Nave principal Catedral.
 - Temperatura ambiente media 18.2 °C
 - Humedad relativa media 61.5 %

En la tabla 3.3 se adjuntan los cálculos de las variables psicrométricas del ambiente interior y exterior de la Capilla.

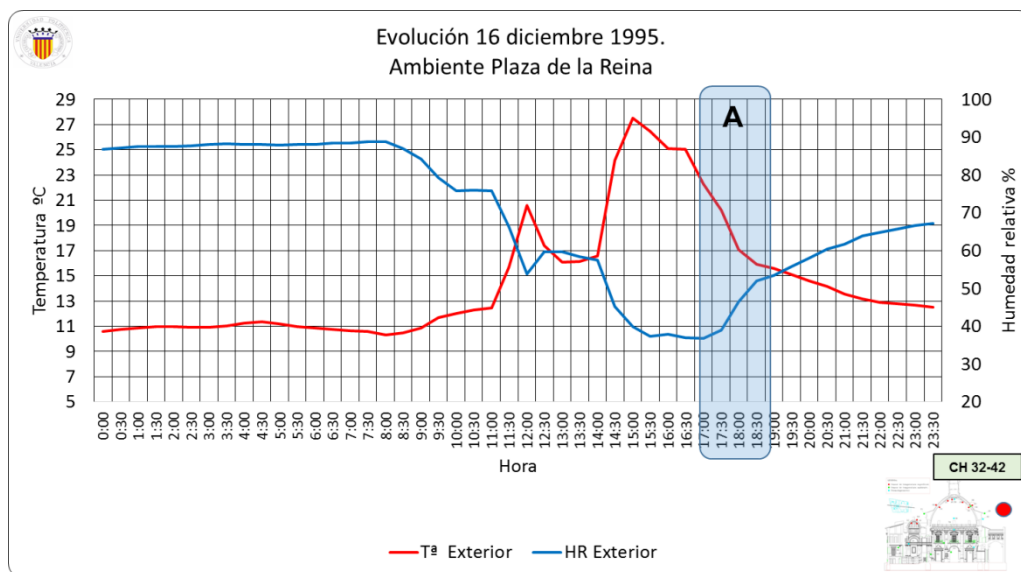


Figura 3.30. Evolución ambiente exterior el día 16/12/1995.

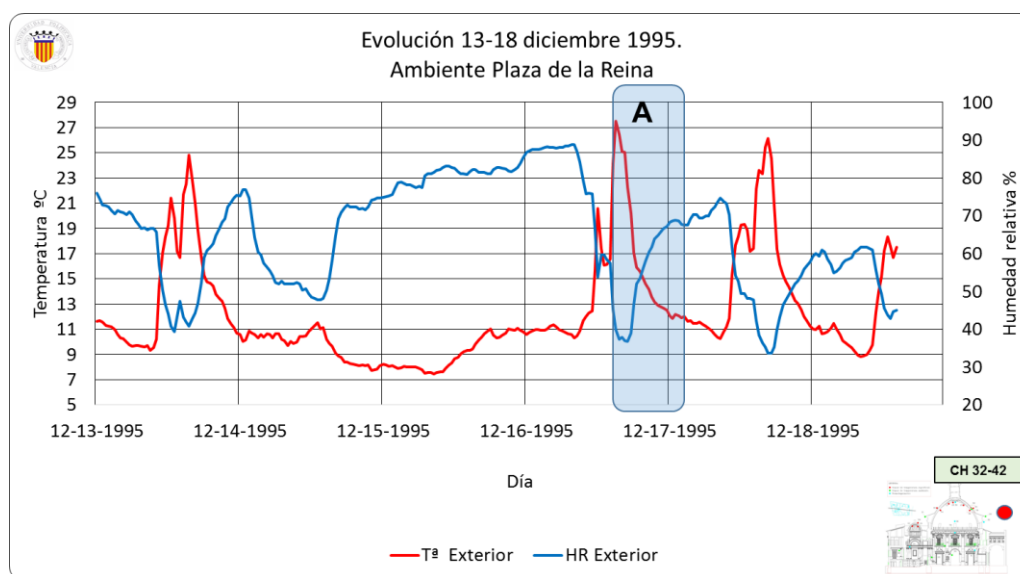


Figura 3.31. Evolución ambiente exterior los días 13 al 18 de diciembre de 1995.

Como se comprueba en las gráficas de evolución, el día de la toma de medidas coincidió una elevada temperatura exterior, inusual para la época del año. La humedad relativa varía muy poco de un punto a otro de la Capilla, sucediendo lo mismo con la temperatura ambiente. Los ambientes de la Capilla y de la nave principal son idénticos, a ello contribuye decisivamente la existencia de una reja de acceso a dicha Capilla, a lo largo de uno de sus laterales. Por ello cualquier

1.4 % de contenido de agua en peso de material. Posiblemente ello es debido al carácter poroso del material, cosa que no sucede con el mortero de cemento que recubre la zona de interés. Por lo tanto no le damos demasiada importancia.

No se detectaron infiltraciones ni zócalo húmedo. Tampoco se apreciaron eflorescencias salinas en la superficie, lo cual nos indicaba baja “transpiración” del muro. El intercambio hídrico entre material y ambiente era menos acusado, dependiendo naturalmente del nivel de humedad relativa en la Capilla.

Las humedades por condensación sobre la superficie no quedaron descartadas, se debería realizar un análisis continuado, para observar y estudiar si se llega a alcanzar temperaturas de rocío en las superficies, cuando la temperatura de la Capilla bajara por la noche. Las medidas de temperatura superficial tomadas a las siete de la tarde nos indicaron que nos encontrábammos 5°C por encima del punto de condensación, situación favorable en este caso. Los cálculos de dichos parámetros se realizan al final del informe.

Todo lo anterior se refiere a la pared **A** del dibujo de la figura. El traslado de la otra obra a la pared **B**, se realizó sobre una superficie metálica, donde la temperatura superficial se aproximaba a la de la pared con enlucido de cemento, 15°C. Esta superficie metálica no tiene el problema de movimiento de humedad a través suyo, pero deberemos prestar especial atención a los fenómenos de condensación. Además deberemos tener en cuenta la diferencia de temperaturas entre la pared y la pintura, para evitar estrés térmico y posibles roturas o deformaciones tanto de la superficie pictórica como del marco de madera que la soporta y proporciona consistencia. Es por ello que se recomendó aislar la pieza pictórica de la pared, a través de un material natural.

Ambiente interior

<p>¡ LECTURA EN EL DIAGRAMA SICROMETRICO ¡</p>
<p>¡ Temperatura seca = 18.50 °C</p>
<p>¡ Temperatura húmeda = 13.83 °C</p>
<p>¡ Temperatura de rocío = 10.60 °C</p>
<p>¡ Entalpía = 38.63 Kj/Kg as</p>
<p>¡ Humedad específica = 0.00794 Kg/Kg as</p>
<p>¡ Humedad relativa = 60.0 %</p>
<p>¡ Presión parcial vapor = 1277.5 Pa</p>
<p>¡ Presión total = 101325 Pa</p>
<p>¡ Volumen específico = 0.8366 m3/Kg as</p>

Ambiente exterior.

<p>¡ Temperatura seca = 21.30 °C ¡</p>
<p>¡ Temperatura húmeda = 14.98 °C ¡</p>
<p>¡ Temperatura de rocío = 10.76 °C ¡</p>
<p>¡ Entalpía = 41.69 Kj/Kg as ¡</p>
<p>¡ Humedad específica = 0.00803 Kg/Kg as ¡</p>
<p>¡ Humedad relativa = 51.0 % ¡</p>
<p>¡ Presión parcial vapor = 1291.6 Pa ¡</p>
<p>¡ Presión total = 101325 Pa ¡</p>
<p>¡ Volumen específico = 0.8448 m3/Kg as ¡</p>

Tabla 3.3. Calculo de variables psicrométricas del ambiente interior y exterior.

Capilla de los Borja.

3.3.4.- Capilla de San Miguel Arcángel de la Catedral de Valencia.

La Capilla de San Miguel Arcángel se encuentra en el pasillo de acceso a la Capilla del Santo Cáliz. Se accede por un corto pasillo realizado hacia 1494 por Pere Compte en estilo gótico florido. Figura 3.32 y 3.33. La Capilla es de comienzos del siglo XVI y estilo gótico, el arco de acceso descansa sobre ménsulas que se apoyan en el muro. Se ilumina la capilla por una pequeña ventana en esviaje, abierta en uno de los paños laterales de la capilla. La capilla se cubre con una bóveda nervada que arranca de una clave central. Los nervios apoyan en ménsulas con decoración de animales y hombres luchando entre sí. (J. Díez, 2014).

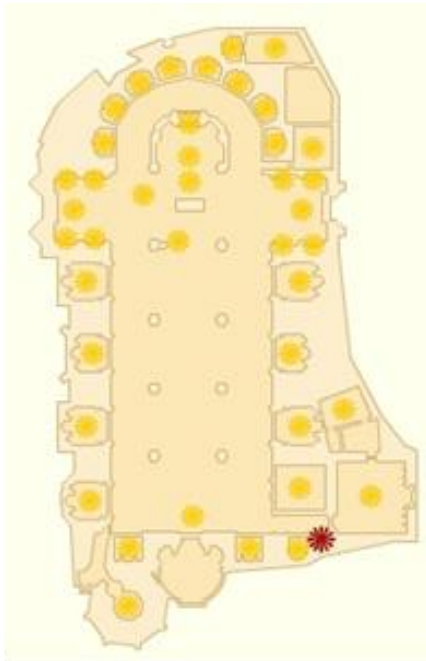


Figura 3.32. Localización Capilla de San Miguel Arcángel de la Catedral de Valencia.

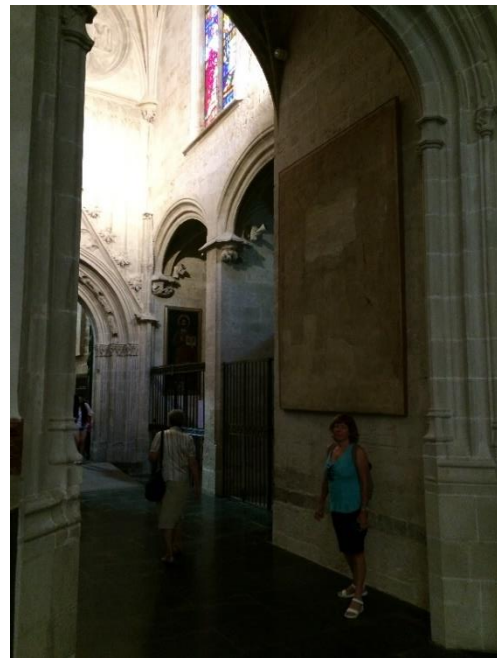


Figura 3.33. Pasillo de acceso a la capilla de San Miguel Arcángel.

El retablo de San Miguel atribuido al "Maestro de Cabanes" (retablo compuesto por once tablas), es considerado ahora una obra temprana de Vicente Masip del gótico valenciano, pintado a la manera del "Maestro de Artes" y con influencia de Pablo de San Leocadio (J. Díez, 2013). Si bien las pinturas muestran el tránsito al Renacimiento, tiene la estructura clásica de los retablos de los siglos XIV y XV. Es

interesante comparar esta obra con el "Bautismo de Cristo" en esta Catedral, obra de madurez de Vicente Masip, influido por Sebastiano del Piombo.

El retablo estaba en el antiguo Museo Arqueológico Diocesano, fue gravemente dañado en el incendio del museo en el año 1936. Figura 3.34. Obra artística importante para el Patrimonio Valenciano, ya que constaba como desaparecido en la guerra, por tanto, su descubrimiento y restauración fue muy importante al tratarse de una pieza significativa para el estudio del período gótico valenciano.

Este retablo se ubicó en 1997, luego de su larga restauración, en la Capilla de San Miguel Arcángel, situada en el pasillo de acceso a la Capilla del Santo Cáliz en la Catedral de Valencia. Previamente se realizaron medidas de las condiciones de HR y T^a del ambiente a lo largo de dos meses y se tomaron medidas puntuales de temperatura, humedad relativa y humedad del muro de la capilla para asegurar la estabilidad y conservación futura en la nueva ubicación.



Figura 3.34. Estado del retablo antes de restauración.



Figura 3.35. Ubicación actual del retablo.

La campaña de medidas se realizó los meses marzo y abril de 1997, con la instalación de un datalogger Opus10, figura 3.36, totalmente autónomo y con capacidad de registro de los parámetros de temperatura y humedad relativa del ambiente de la Capilla. Se realizó la campaña antes del traslado del retablo (julio de 1997), para determinar las condiciones en época primaveral donde las posibles oscilaciones de los parámetros ambientales pueden ser más desfavorables. Solamente se realizaron dos meses de toma de datos automática, por avería de equipo, pudiendo volcar solamente los datos de marzo y abril, con algunos días de desconexión a finales de marzo.

Paralelamente se realizó un seguimiento del estado de la madera de las tablas durante el proceso de restauración y del ambiente de los talleres en dependencias de la propia Catedral. Figura 3.37. La ubicación y el estado final del retablo se pueden ver en la figura 3.38.

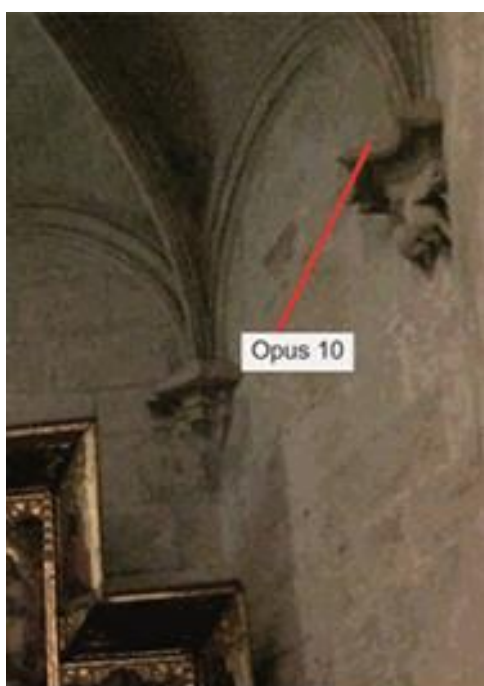


Figura 3.36. Situación de datalogger Opus10. Figura 3.37. Inspección de estado del bastidor del retablo.



Figura 3.38. Emplazamiento definitivo del retablo en la Capilla de San Miguel Arcángel. Catedral de Valencia.

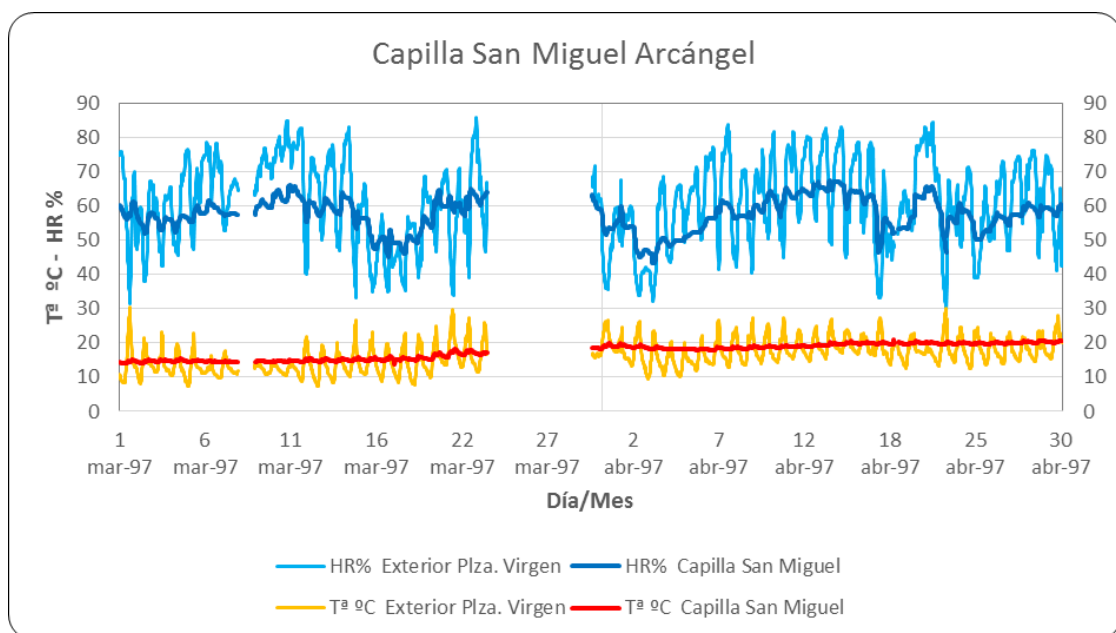


Figura 3.39. Evolución del ambiente interior y exterior de la Capilla de San Miguel.

Catedral de Valencia. Marzo y abril de 1997.

En la gráfica de la figura 3.39, se representa la evolución de los parámetros ambientales del exterior e interior de los meses de marzo y abril de 1997. Como podemos comprobar, la pequeña Capilla tiene una gran capacidad de amortiguación de las fluctuaciones ambiente exterior, manteniendo una cierta estabilidad, solamente perturbada por los usos diarios de la misma.

En la gráfica de la figura 3.40 se muestra la evolución de la temperatura del 1 de abril donde comprobamos los efectos antes mencionados. La temperatura de la capilla (línea roja), variaba levemente a la hora de apertura de la Catedral por la mañana y por la tarde, con gran afluencia de público, siendo independiente de las fuertes oscilaciones exteriores (línea amarilla).

La evolución de la humedad relativa del ambiente interior, figura 3.41, se mantuvo más estable que la exterior, pero influida por esta en los niveles medios observados. Esta estabilidad también está favorecida por la escasa ventilación, pero aumentan los riesgos de proliferación de microorganismos y posibles fenómenos de condensación sobre los muros exteriores. Estos fenómenos se pueden dar especialmente en los meses primaverales cuando la temperatura de los paramentos es baja y la humedad relativa del ambiente de la Capilla alcanza niveles altos muy cercanos al 70%. Al existir una reja de acceso, la ventilación de la capilla se consideró suficiente, unificándose los ambientes de la misma con el pasillo de acceso y la nave central de la Catedral.

En las tablas 3.4 y 3.5, se muestra el empleo de las plantillas de estadística básica y gráficas, aplicadas a los datos obtenidos en esta campaña de medidas. De esta forma, se facilita en gran medida la interpretación de los datos mensuales obtenidos, con indicaciones de número de datos, fluctuaciones horarias, tendencias diarias, histograma de frecuencias, medias, máxima y mínimas (diarias y horarias), etc.

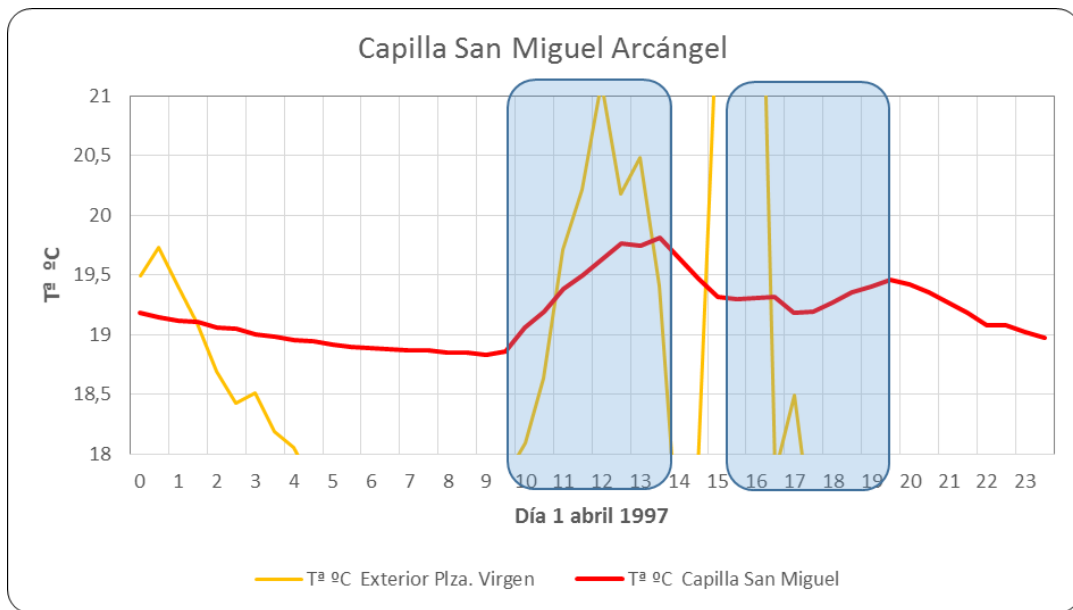


Figura 3.40. Evolución de temperatura ambiente interior de la Capilla. 1 de abril 1997.

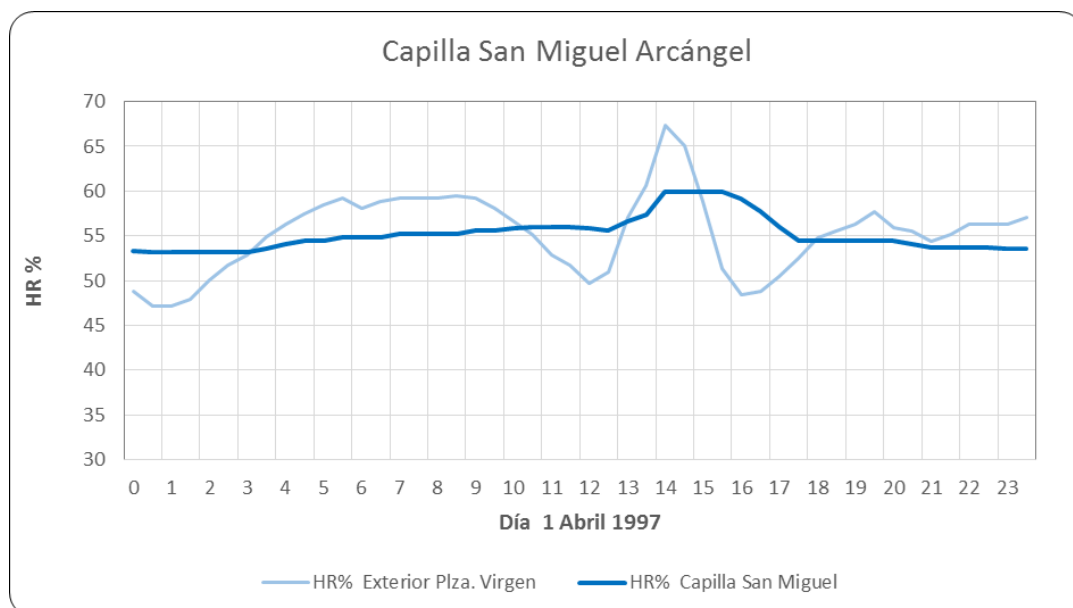


Figura 3.41. Evolución de humedad relativa ambiente interior de la Capilla. 1 de abril 1997.

		Catedral Metropolitana de Valencia																							
		Tª °C CAPILLA SAN MIGUEL ARCÁNGEL SENSOR: OPUS 10 Tª °C MES: ABRIL 1997																							
Día	Minigráfico	HORA																							
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1		19,165	19,115	19,055	18,99	18,935	18,91	18,885	18,87	18,85	18,845	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84	18,84
2		19,97	18,945	18,905	18,87	18,84	18,81	18,72	18,71	18,69	18,63	18,635	18,715	19,005	19,03	18,905	18,855	18,915	19,045	19,245	19,42	19,425	19,185	18,98	18,9
3		18,555	18,515	18,53	18,495	18,46	18,39	18,325	18,305	18,31	18,28	18,265	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25	18,25
4		18,19	18,185	18,185	18,16	18,125	18,085	18,065	18,07	18,065	18,065	18,07	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065	18,065
5		18,155	18,155	18,135	18,11	18,09	18,065	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025	18,025
6		18,06	18,04	18,02	18	17,985	17,965	17,935	17,96	18,16	18,19	18,205	18,21	18,205	18,21	18,205	18,21	18,205	18,21	18,205	18,21	18,205	18,21	18,205	18,21
7		18,36	18,32	18,285	18,265	18,24	18,185	18,16	18,145	18,16	18,155	18,16	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165	18,165
8		19,355	18,5	18,465	18,38	18,285	18,305	18,3	18,3	18,29	18,26	18,265	18,315	18,52	18,77	18,835	18,805	18,735	18,695	18,885	19,015	19,185	19,19	18,985	18,825
9		18,765	18,745	18,74	18,7	18,655	18,605	18,57	18,55	18,53	18,48	18,505	18,56	18,725	18,92	18,98	18,84	18,81	18,89	19,025	19,215	19,225	19,005	19,005	18,955
10		19,255	18,885	18,845	18,82	18,765	18,715	18,655	18,625	18,595	18,565	18,55	18,565	18,575	18,76	18,995	19,055	18,96	18,9	19,055	19,22	19,29	19,22	19,13	19,08
11		19,04	19,015	18,995	18,955	18,91	18,89	18,865	18,835	18,795	18,805	18,85	18,925	19,055	19,07	19,005	18,99	19,03	19,1	19,205	19,395	19,17	19,12	19,105	
12		19,09	19,065	19,05	19,01	18,99	18,955	18,93	18,91	18,885	18,855	18,88	18,92	19,04	19,23	19,385	19,315	19,265	19,275	19,34	19,41	19,53	19,47	19,355	19,28
13		19,265	19,25	19,235	19,235	19,235	19,215	19,19	19,175	19,165	19,14	19,135	19,245	19,575	19,855	19,825	19,805	19,765	19,85	19,92	19,905	19,77	19,675		
14		19,655	19,63	19,6	19,565	19,595	19,545	19,525	19,515	19,5	19,485	19,565	19,78	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015	20,015
15		19,945	19,93	19,89	19,845	19,85	19,825	19,79	19,77	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74
16		19,95	19,91	19,89	19,89	19,89	19,855	19,835	19,815	19,785	19,745	19,69	19,625	19,71	19,805	19,845	19,81	19,77	19,83	20,015	20,16	20,285	20,135	20,025	
17		19,97	19,92	19,895	19,86	19,81	19,755	19,725	19,68	19,66	19,615	19,585	19,62	20,365	20	19,635	19,627	18,905	20,14	20,14	20,14	20,15	20,05	19,96	19,9
18		19,88	19,86	19,815	19,755	19,71	19,685	19,665	19,62	19,595	19,575	19,56	19,67	19,82	19,94	19,98	19,895	19,87	19,87	19,86	19,875	19,9	19,918	19,938	19,958
19		20,18	20,155	20,125	20,09	20,06	20,01	20	20,01	19,995	19,955	20,145	20,18	20,15	20,105	20,085	20,015	20,13	20,225	20,135	20,15	20,15	20,165	20,165	20,165
20		20,04	19,975	19,93	19,89	19,855	19,825	19,78	19,735	19,68	19,655	19,605	19,595	19,575	19,595	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625
21		19,985	19,925	19,845	19,79	19,745	19,72	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715	19,715
22		19,99	19,945	19,89	19,855	19,82	19,79	19,765	19,715	19,675	19,635	19,63	19,63	19,74	19,86	19,905	19,78	19,815	19,865	19,92	20,06	20,145	20,095	19,96	19,89
23		19,865	19,835	19,815	19,79	19,75	19,705	19,67	19,66	19,655	19,64	19,605	19,63	19,735	19,88	19,96	19,88	19,865	19,96	20,02	20,145	20,155	20,095	20,26	
24		20,125	20,035	19,97	19,925	19,88	19,85	19,825	19,805	19,775	19,76	19,74	19,725	19,9	20,03	20,11	20,06	19,99	19,95	19,995	20,13	20,23	20,195	20,11	20,085
25		20,05	19,995	19,975	19,94	19,905	19,88	19,855	19,83	19,83	19,82	19,81	19,85	20,02	20,41	20,675	20,525	20,385	20,31	20,285	20,315	20,42	20,455	20,305	20,285
26		20,235	20,18	20,15	20,11	20,085	20,04	20,01	19,995	19,975	19,95	19,965	20,125	20,375	20,6	20,02	20,615	20,645	20,59	20,705	20,77	20,71	20,565	20,435	20,41
27		20,375	20,33	20,295	20,255	20,21	20,17	20,155	20,165	20,125	20,105	20,075	20,08	20,06	20,115	20,18	20,29	20,325	20,37	20,45	20,55	20,615	20,62	20,62	20,585
28																									
29																									
30																									
31																									

DATOS DIARIOS		DATOS DIARIOS	
media D	max D	min D	osc. D
19,19	19,78	18,85	0,94
18,93	19,43	18,63	0,79
18,57	18,95	18,34	0,61
18,33	18,56	18,19	0,37
18,15	18,23	18,06	0,18
18,15	18,33	18,01	0,32
18,27	18,71	17,94	0,77
18,48	18,92	18,15	0,77
18,62	19,19	18,26	0,93
18,79	19,24	18,48	0,76
18,88	19,29	18,56	0,73
18,99	19,21	18,80	0,41
19,14	19,53	18,86	0,68
19,32	20,15	19,14	1,01
19,83	20,41	19,49	0,92
19,91	20,22	19,72	0,50
19,90	20,29	19,63	0,66
19,62	20,37	18,91	1,46
19,80	19,98	19,56	0,42
20,08	20,23	19,94	0,29
19,83	20,25	19,58	0,67
19,91	20,20	19,61	0,59
19,85	20,15	19,63	0,52
19,86	20,40	19,61	0,79
19,97	20,23	19,73	0,50
20,13	20,68	19,81	0,87
20,33	20,77	19,95	0,82
20,30	20,62	20,06	0,56

DATOS HORARIOS		DATOS HORARIOS	
media H	max H	min H	osc. Abs.
19,34	20,41	18,09	2,84
19,55	20,77	18,21	2,84
19,10	20,08	17,94	2,84
0,16	0,23	0,10	0,16

DATOS DIARIOS		DATOS DIARIOS	
media	max	min	osc. D
19,34	20,33	18,15	2,18
20,33	20,77	20,06	0,71
18,15	18,23	17,94	0,29
0,70	0,73	0,68	0,05
2,84	2,84	2,84	0,00
2,54	2,54	2,54	0,00

DATOS HORARIOS		DATOS HORARIOS	
media H	max H	min H	osc. Abs.
19,34	20,41	18,09	2,84
19,55	20,77	18,21	2,84
19,10	20,08	17,94	2,84
0,16	0,23	0,10	0,16

SENSOR: OPUS 10 Tª °C CAPILLA SAN MIGUEL ARCÁNGEL	
NUM. DATOS DEL MES	672
NUM. DATOS DEL MES (BRUTOS)	1.344
OSCILACION ABS. MENSUAL	2,8
OSCILACION DIARIA MÁXIMA	2,5
OSCILACION DIARIA MEDIA	2,2
MÁXIMA OSC. HORARIA (OHM) MAX.	1,24

Tabla 3.4. Tabla estadística resumen de evolución de temperatura. Mes de abril 1997

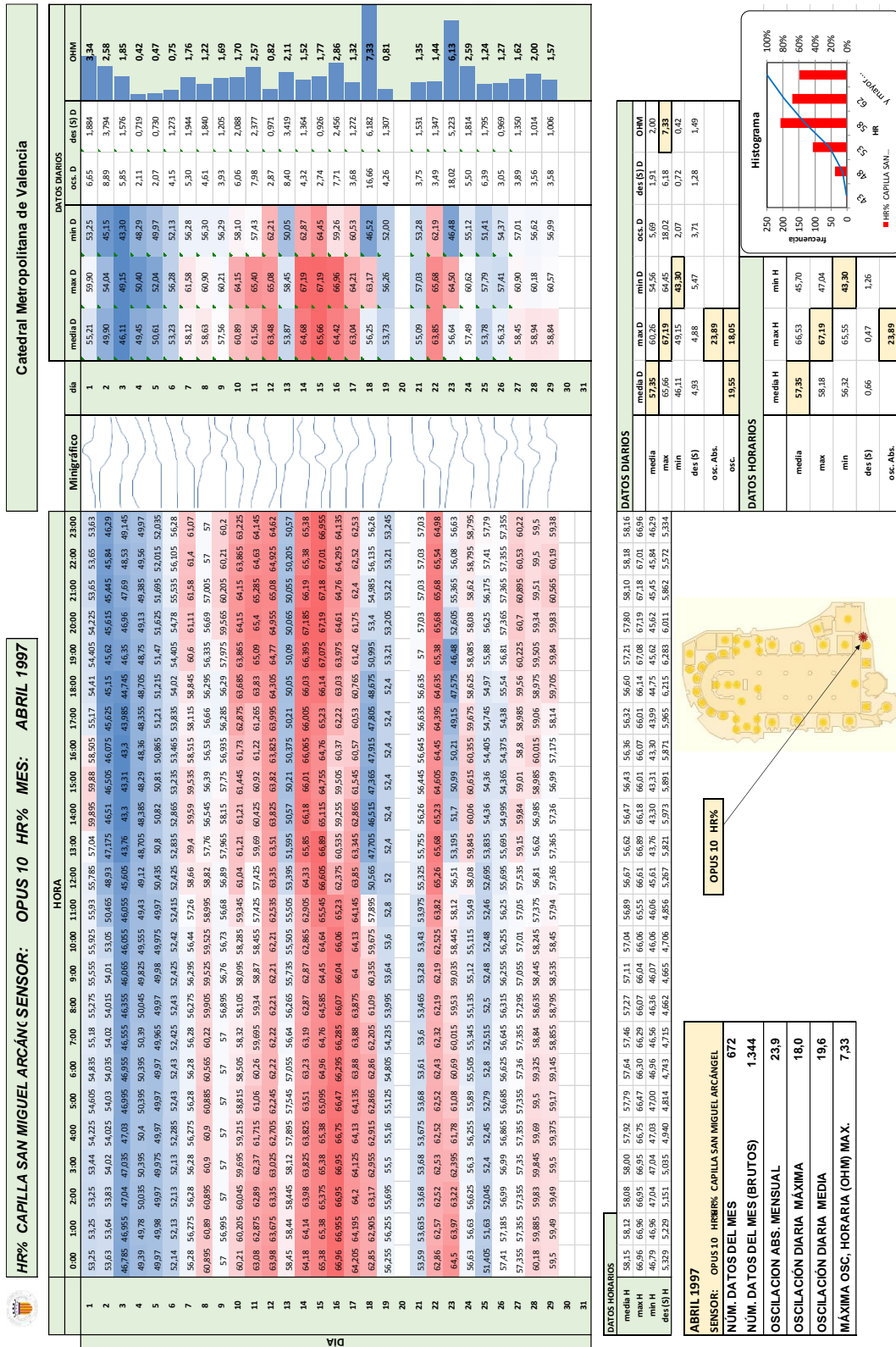


Tabla 3.5. Tabla estadística resumen de evolución de temperatura. Mes de abril 1997

El gótico en todo su esplendor lo hallamos en las dos capillas laterales del presbiterio y en las del nártex de la iglesia. La capilla del sur del presbiterio, o primitiva capilla de Santa Bárbara, posee un ventanal de gran belleza. La capilla situada en el lado norte se une al presbiterio por un elevado arco trilobulado. Figura 3.43. En 1943 fue declarado Monumento Artístico Nacional. (www.sanjuandelhospital.es)

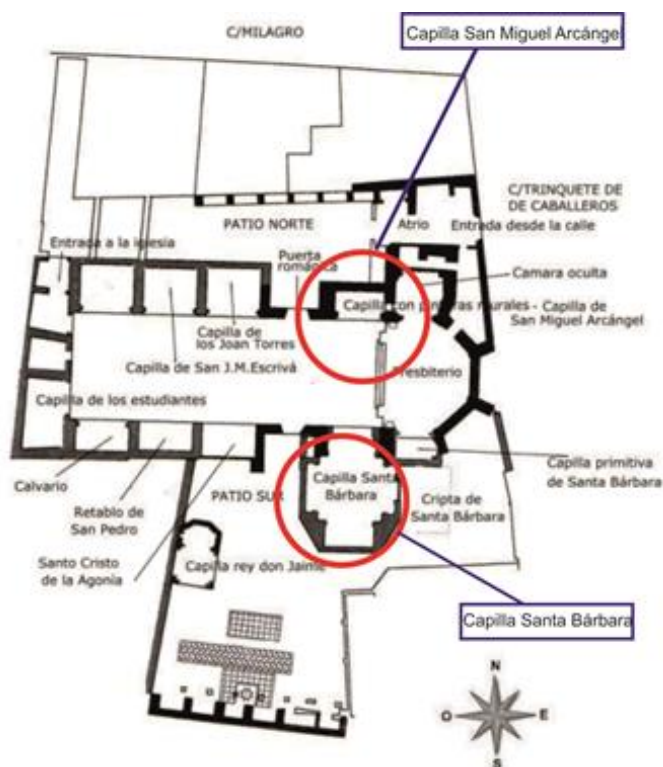


Figura 3.43. Plano planta del conjunto de San Juan del Hospital. Situación de capillas.

3.4.3.- Capilla de San Miguel Arcángel

Se presentan a continuación los resultados de la campaña de medidas ambientales en la capilla de San Miguel Arcángel. Esta campaña se inició en el mes de enero de 1995, con un análisis e informe previo presentado en aquella ocasión. Los resultados y datos que ofrecemos a continuación reflejan las evoluciones del ambiente interior de la Capilla durante el proceso posterior de restauración.

La capilla de San Miguel Arcángel se encuentra al lado norte del presbiterio y está cubierta con bóveda de cañón apuntado que alberga pinturas murales de tradición románica realizadas en el último tercio del siglo XIII, únicas en la Comunidad Valenciana. Figura 3.44. Estas pinturas fueron realizadas en 1270 con temple sobre revoque. En 1348 el interior del templo fue encalado y se cubrieron las pinturas, preservando de esta manera las mismas en siglos posteriores, encontrándolas en la actualidad en buen estado de conservación.



Figura 3.44. Estado final de restauración de pinturas murales. Iglesia San Juan del Hospital.

Las pinturas se dividen en pasajes separados por bandas. Entre los pasajes representados encontramos: El paraíso terrenal, el desposorio místico de la Iglesia, Cristo resucitado, la Crucifixión y el Juicio Final. En el muro central encontramos la batalla entre ángeles y demonios y como cabeza visible de los ejércitos celestiales, San Miguel, titular de la Capilla.

Campaña de medidas ambientales.

En Mayo de 1996 se instaló un termohigrógrafo de registro semanal en la Capilla, a 4 metros de altura (nivel del arranque del arco de medio punto), para recoger de forma continua los niveles de humedad relativa y temperatura ambiente. Figura 3.45. En octubre de este mismo año se añadió para completar las mediciones, un termómetro de máxima y mínima para el registro diario de los niveles térmicos extremos.

Las mediciones de humedad (contenido de agua) en los materiales que constituyen las pinturas, se fueron realizando de forma intermitente. Para la campaña de toma de datos se prepararon varias plantillas con los diagramas de las pinturas, para situar los valores medidos. Destacaron tres campañas diferenciadas: mayo, octubre y noviembre de 1996, para detectar la variabilidad estacional de los parámetros ambientales.

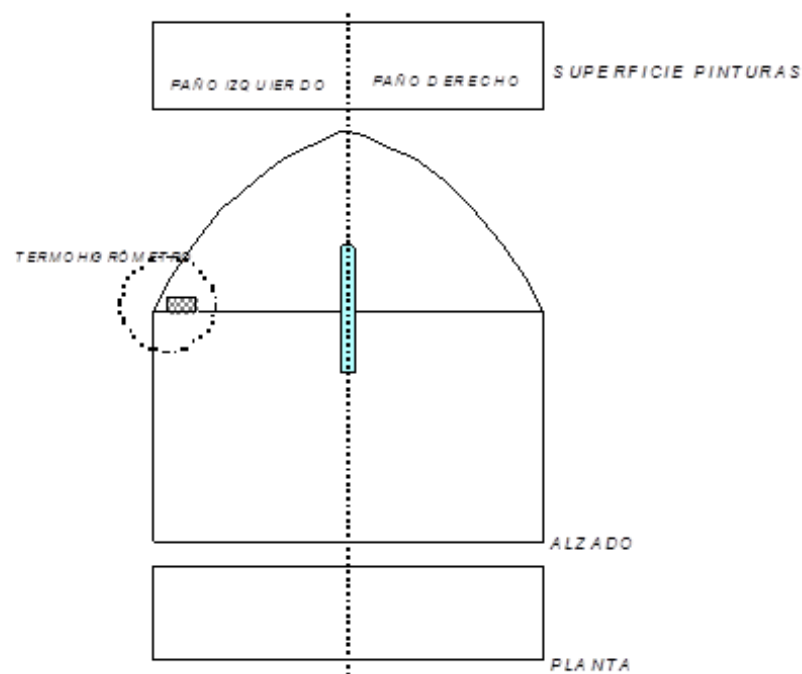


Figura 3.45. Situación de Termo-higrógrafo y paños. Capilla San Miguel. Iglesia de San Juan del Hospital.

En el momento del estudio, las pinturas se encontraban en fase de restauración, es por ello que el entorno físico de la Capilla cambió, debido a la instalación de un andamio y un telón que cubría la mayor parte del acceso a la Capilla.

Los niveles de temperatura en invierno (noviembre) se situaron alrededor de los 16 - 19 °C, con unas variaciones diarias de hasta 3 °C. El gran espesor del muro norte, unido al efecto aislante de la cámara que se encuentra por encima de la bóveda de la Capilla, confieren una cierta estabilidad térmica al ambiente, siempre influenciado por los niveles térmicos exteriores, así como por la afluencia de feligreses a los actos y oficios religiosos. Cabe destacar la elevación significativa de la temperatura que se producía todos los días alrededor de las doce del mediodía, coincidiendo con la asistencia de visitantes. Esta elevación era del orden de 2 °C. Era a partir de esta hora y durante toda la tarde, cuando se producían las mayores variaciones, debidas a los movimientos de visitantes, aperturas de puertas, calefacciones e iluminación.

Sucedía lo mismo con la humedad relativa. Las variaciones de H.R. que se detectaron llegaron hasta $\pm 10\%$ (28 de noviembre entre las 10h y las 14h pasamos del 65% al 55%) con una correspondencia clara con el ambiente exterior. Ver en la gráfica de la figura 3.46 la zona señalada. También se detectaron en el interior de la Capilla un flujo ascendente de aire. Durante este proceso, sobre la superficie pictórica, se depositan las partículas, produciendo una capa de suciedad, a la vez que puede aparecer humedad cuando la temperatura superficial es inferior a la ambiental, si se alcanza el nivel de punto de rocío.

La evolución de la temperatura ambiente a lo largo de los meses se produjo de forma suave, con la elevación progresiva de los niveles térmicos, desde los 16 °C detectados en invierno hasta los 26°C - 27°C de agosto, siendo de nuevo las variaciones diarias del orden de 2°C a 3 °C.

Adjuntamos una gráfica con la evolución de los parámetros ambientales exteriores del mes de noviembre de 1996. Figura 3.46.

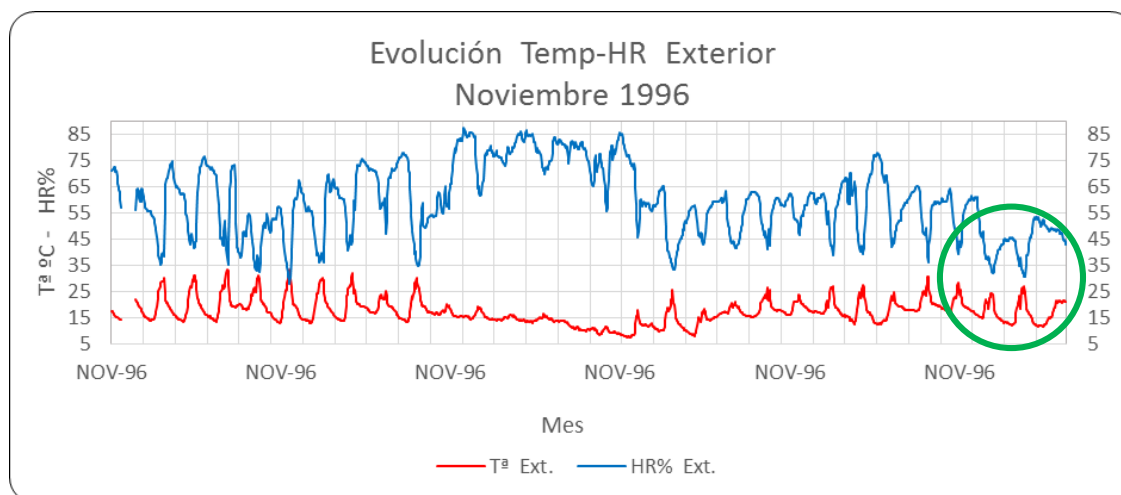


Figura 3.46. Evolución temperatura y HR exterior (Plza. Virgen) noviembre 1996.

Campaña de medidas de humedad en materiales.

En relación al contenido de agua de los materiales de los muros soporte de las pinturas, en los diagramas que se muestran a continuación se presenta un ejemplo de los resultados de las mediciones realizadas. Figura 3.47 y 3.48. Los números representan el contenido de agua del material en % del peso. Este dato es muy variable, pues depende tanto de la humedad relativa ambiente en ese instante como de la humedad específica. Siendo este último parámetro dependiente de la temperatura y del aporte de agua al ambiente (aire exterior, presencia de personas, etc.).

En los diagramas se representan los resultados correspondientes a la campaña de medidas realizada en octubre y noviembre de 1997, sobre el paño derecho e izquierdo. Los valores obtenidos revelaron una diferencia apreciable de contenido de agua entre el mortero de yeso soporte de las pinturas y la capa de cal sobre las mismas. Los niveles porcentuales de agua en la capa de cal eran un poco más altos (0.85% a 1.15%), que los correspondientes al yeso (0.3% a 0.6%).

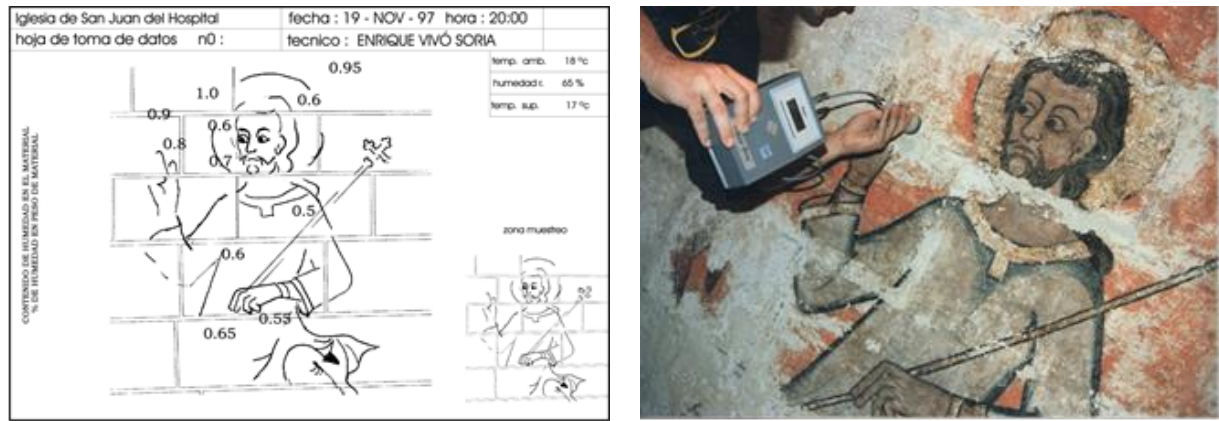


Figura 3.47. Ficha de datos y toma de medidas de humedad en materiales soporte de las pinturas.

Según la tabla de humedades de equilibrio, sin existir tasa de aporte de agua exterior, al movernos con humedades relativas ambiente del orden del 50% - 70%, la cantidad de agua que contiene el mortero de yeso se correspondía a los valores previstos, mientras que la capa de cal tenía un contenido de agua inferior al de su humedad de equilibrio. Esta situación anormal de la cal se debía a una posible desecación del material que cubría las pinturas, durante el proceso de intervención, debido principalmente a los focos de iluminación.

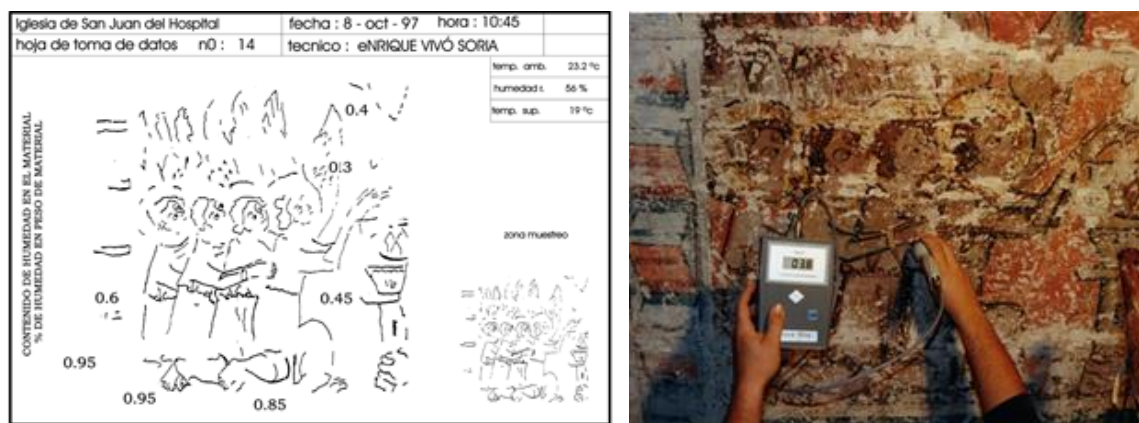


Figura 3.48. Ficha y toma de medidas de humedad en materiales soporte de las pinturas.

Del análisis de los datos obtenidos, se deduce que no existía una interferencia directa del ambiente exterior con el interior de la Capilla. El comportamiento del exterior tenía su natural evolución cíclica diaria, mientras que el interior mantenía unos niveles ambientales tanto de temperatura como de humedad relativa bastante estables. Debemos hacer notar que la sensibilidad del aparato (termohigrógrafo de papel) ante cambios bruscos es un poco lenta, por lo que las variaciones que suceden en cortos períodos de tiempo no tienen un reflejo claro sobre el registro en papel. Es por ello que los valores obtenidos por el termómetro de máxima y mínima diaria complementa la evolución y el análisis de datos.

3.4.4.- Capilla de Santa Bárbara

En 1696 la Real Cofradía de Santa Bárbara trasladó los restos mortales de la emperatriz Constanza de Grecia desde su primer enterramiento en la capilla lateral sur del presbiterio a la nueva capilla barroca construida de nueva fábrica, obra del Arquitecto Juan Bautista Pérez Castiel, donde permanecieron en una arqueta de madera hasta la contienda de 1936. Figura 3.49.



Figura 3.49. Capilla de Santa Bárbara.

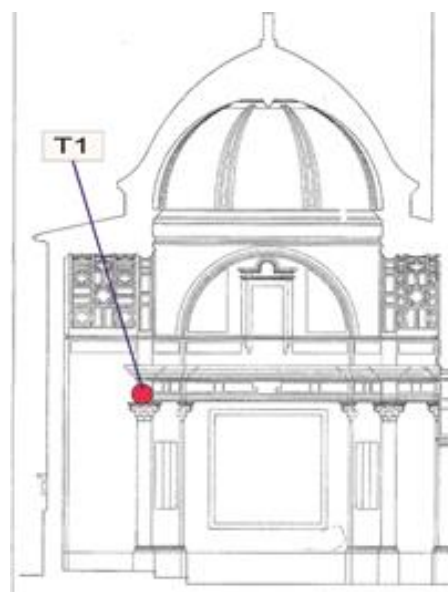


Figura 3.50. Situación dle termohigrógrafo.

Se presentan a continuación los resultados de la campaña de medidas ambientales en la capilla de Santa Bárbara. Esta campaña se inició en el mes de febrero de 1997. Se instaló un termohigrógrafo de papel de registro semanal en la capilla, a 5 metros de altura, para recoger de forma continua los niveles de humedad relativa y temperatura. Figura 3.50. Las mediciones de humedad en los materiales que constituyen los esgrafiados, paredes y yeserías, se realizaron de forma puntual y selectiva. Describimos a continuación los datos ambientales obtenidos. Primera campaña de medida. 1 de febrero de 1997

- Hora: 17:30 H
- Condiciones en el interior de la Capilla (2.5m de altura).
 - Temperatura ambiente: 19.2 °C
 - Humedad relativa: 64.8 %

Como complemento, se incluyen gráficas de temperatura y humedad relativa exterior correspondientes a los días de febrero sujetos a estudio. Figuras 3.51 y 3.52. Estas gráficas están confeccionadas con datos tomados por sensores situados en el exterior de la Basílica de la Virgen, pertenecientes a la red de control ambiental del edificio.

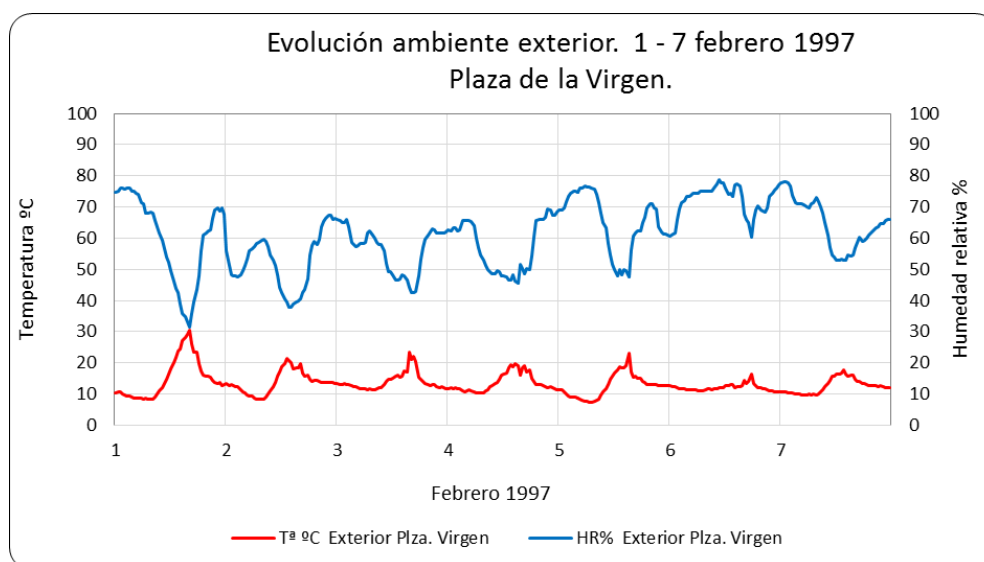


Figura 3.51. Evolución ambiente exterior 1 al 7 de febrero 1997.

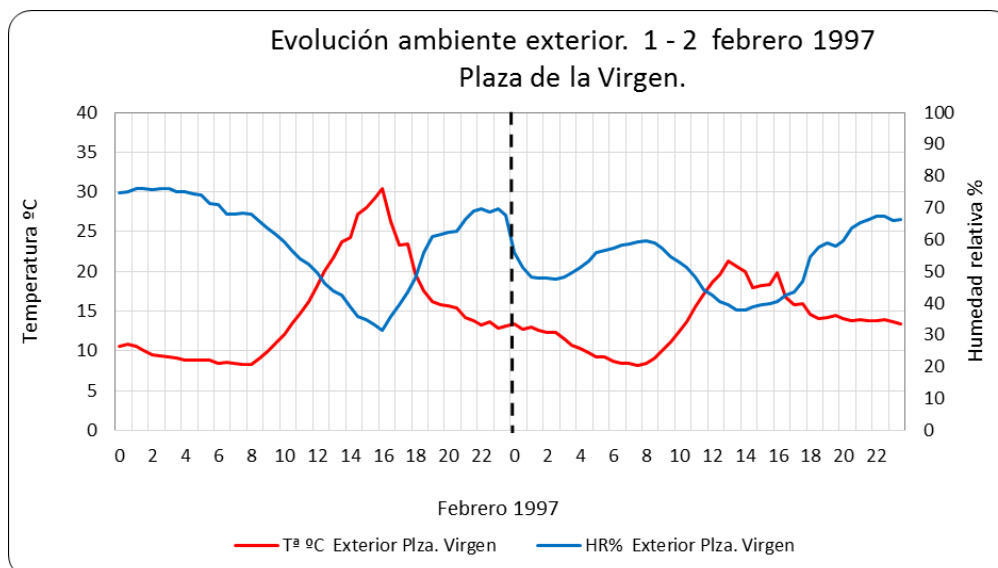


Figura 3.52. Evolución ambiente exterior 1 y 2 de febrero 1997.

Del análisis de los datos obtenidos, se deduce que existía una interferencia directa de la humedad relativa del ambiente exterior con el interior de la Capilla. Los niveles del interior oscilaban entre el 60% y el 70% a lo largo de la semana. En un mismo día la máxima diferencia detectada fue del $\pm 5\%$. Las oscilaciones de humedad relativa interior seguían de cerca la evolución exterior distanciadas entre sí alrededor del 15% al 20%. Existían todos los días unos mínimos que se producían sobre las 12 y las 18 horas (60 - 65%), y un máximo sobre las 9 horas de la mañana (65 - 70%), coincidiendo en todos los casos con la apertura del templo a fieles y visitantes.

Observando la evolución del ambiente exterior a través de las gráficas, figura 3.52, el comportamiento de la temperatura exterior tiene su natural evolución cíclica diaria, mientras que el interior mantiene unos niveles de temperatura relativamente constantes, alrededor de 19 a 20 °C. Debemos hacer notar que la sensibilidad del aparato ante cambios bruscos es un poco lenta, por lo que las variaciones que suceden en cortos períodos de tiempo no tienen un reflejo claro sobre el registro.

También se detectó en el interior de la Capilla, al igual que en la Capilla de San Miguel Arcángel, un flujo ascendente de aire hacia la cúpula, con los riesgos correspondientes de deposición de partículas, que producirían una capa de suciedad sobre las pinturas murales.

Después de llevar a cabo estos estudios para medir el microclima en distintas épocas del año, invierno, verano y otoño, se pudieron adelantar una serie de conclusiones y comentarios extrapolables al ambiente de las capillas cercanas. Serían necesarios más puntos de control para poder evaluar con exactitud la variación a lo largo del tiempo de la temperatura y humedad relativa. La colocación de un sólo termohigrómetro en una zona determinada no nos informaba de las variaciones espaciales.

Observaciones generales.

Grietas. Este desperfecto puede contribuir a posibles infiltraciones de agua hacia el interior del muro. Se detectaron varias zonas de la superficie de la bóveda y muros con grietas y fisuras, algunas de ellas de consideración.

Sistema de calefacción existente en la Iglesia. Se pudo apreciar en el interior de la antigua Capilla de Sta. Bárbara, a la derecha del Altar un aparato de acondicionamiento de aire que funcionaba solamente en los períodos invernales.

Las fuentes de calefacción interior son uno de los factores con mayor influencia en el microclima de un ambiente cerrado durante el invierno. El grado en que afecta al clima debería estudiarse en las zonas próximas al foco caliente. Dos de los efectos inmediatos a los cuales está sujeta cualquier superficie situada sobre un foco de aire caliente, son que la zona bañada por el flujo ascendente de aire se ennegrece y que los flujos circulantes comienzan en el área circundante con las correspondientes a corrientes descendentes a lo largo de los muros fríos, lo cual causa deposición de partículas por termoforesis e impacto inercial.

Dada la escasa potencia de la máquina, el calentamiento del aire circundante no afectaba al microclima existente en la capilla de Santa Bárbara.

Niveles óptimos. La conservación preventiva de los elementos ornamentales requiere un máximo de estabilidad, para lo cual, la humedad del aire que baña las superficies debería ser mantenida a un nivel constante durante todo el año, ya que las grandes oscilaciones permiten que el enlucido poroso aspire y despidan vapor de agua, pudiendo provocar graves deterioros. Los niveles óptimos de humedad relativa deberían estabilizarse entre el 50% y 55%, a la vez que la temperatura de rocío del aire se mantiene 10°C por debajo de la temperatura seca del ambiente.

El ennegrecimiento de las pinturas puede ser disminuido reduciendo los procesos de deposición de partículas, así como la concentración de las mismas contenidas en el aire. El proceso de deposición se produce mediante mecanismos físicos tales como *impactación inercial*, *captura electrostática*, *flujo de Stefan* y *termoforesis*. Para evitar dichos efectos podemos actuar sobre el nivel térmico, manteniendo al mismo tiempo la humedad relativa deseada, y reduciendo la diferencia térmica entre la pared y el aire. Todo esto resalta la importancia de mantener unas condiciones termohigrométricas estables, tanto en el aire ambiente como en la estructura.

CAPÍTULO 4



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA BASÍLICA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS DE VALENCIA.

4.1.- Estudios previos e intervención. 1994-1995.

4.1.1.- Introducción.

4.1.2.-Ficha técnica.

4.1.3- Estrategia de conservación Preventiva en el proyecto.

4.1.4.- El conjunto patrimonial de la Basílica.

4.1.4.1.- Descripción del edificio.

4.1.4.2.- Estado de conservación-restauración de la pintura mural y caballete.

4.1.4.3.- Estudio físico-químico de las restauraciones.

4.2.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Periodo 1994-1995.

4.2.1.- Objetivos de la investigación microclimática.

4.2.2.- Ubicación de sensores.

4.2.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.

4.2.4.- Resumen de resultado campaña de medidas.

4.2.4.1.- Fichas resumen de resultados.

4.2.4.2.- Análisis sección de cúpulas

4.2.4.3.- Efectos de asistencia de visitantes.

4.2.4.4.- Análisis talleres de restauración.

4.2.4.5.- Análisis termográfico.

4.2.5.- Conclusiones.

4.2.6.- Propuesta de acciones.

4.2.6.1.- Condicionantes y soluciones posibles.

4.2.6.2.- Condiciones en temporada estival.

4.2.6.3.- Condiciones en temporada invernal.

4.2.6.4.- Propuesta básica de climatización.

4.3.- Análisis del modelo de bóvedas 1:1.

4.3.1.- Objetivos del análisis.

4.3.2.- Equipos empleados y descripción de ensayos.

4.3.3.- Conclusiones.

4.3.4.- Medición de humedad en materiales.

4.3.5.- Cálculo cohef. global transmisión de calor cubierta.

4.4.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Año 2000.

4.4.1.- Caracterización ambiental.

4.4.2.- Análisis de riesgos ambientales.

4.4.3.- Estudios de contaminación ambiental y microbiológica.

4.5.- Conclusiones generales.

4.1.- Estudios previos e intervención. 1994-1995.

4.1.1.- Introducción.

En los años 1993 y 1994, y con motivo del V Centenario de la Advocación de la Mare de Déu dels Desamparats, se procedió a la realización de una profunda investigación sobre el patrimonio pictórico, escultórico, ornamental y arquitectónico de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia.

En 1993, en base a varios convenios firmados entre la Generalitat Valenciana, el Ayuntamiento de Valencia, Arzobispado y Universidad Politécnica de Valencia, un amplio equipo interdisciplinar organizado en 20 grupos, integrado por 67 profesores, 33 becarios y 18 colaboradores de prestigio internacional, pertenecientes a 12 departamentos de la U.P.V. y a 5 departamentos de otras Universidades e Instituciones, dirigidos por el profesor D. Ignacio Bosch Reig y coordinados desde el punto de vista Pictórico-Escultórico-Ornamental, por la profesora D^a Pilar Roig Picazo, se desarrollaron las investigaciones y proyectos conducentes a la Recuperación Integral del Conjunto Patrimonial de la Basílica de Virgen de los Desamparados en una primera fase y se intervino en el conjunto artístico en la segunda fase, dando como resultado la restauración integral del edificio.

Estos primeros estudios evidenciaron el mal estado de conservación tanto del edificio, como de los Bienes Culturales allí contenidos, quedando al descubierto la imperiosa necesidad de realizar una intervención general en el conjunto. Los resultados de las primeras investigaciones fueron expuestos en diferentes foros y publicaciones.

El proyecto de conservación y restauración del conjunto monumental de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia respondió a la necesidad de

intervenir de forma racionalizada sobre el edificio y los valiosos elementos ornamentales que contiene, en base a unas premisas dictadas por los condicionantes que se desprenden de su actual estado de conservación y de su posterior acondicionamiento.

La Basílica de la Virgen de los Desamparados desde el punto de vista histórico, aloja en su interior una colección artística de gran importancia, no sólo por la calidad y diversidad de las obras que alberga, sino también por el contexto arquitectónico e histórico que la envuelve. Abordar la conservación y restauración de este conjunto exigía un proyecto metodológico que englobara de forma modélica cada una de las premisas expresadas con anterioridad. En tal sentido el planteamiento inicial de este proyecto propone el análisis y la posible actuación sobre Bienes Culturales de acuerdo a la problemática específica que estos bienes presentan dentro de su ambiente original.

En el tema específico de análisis ambiental termohigrométrico, el equipo constituido por Enrique Vivó Soria y supervisado por el Dr. José Manuel Pinazo Ojer, D. Pablo Segura Grañó y D. Pedro Torrero, tuvo el encargo de los estudios previos y seguimiento durante el periodo de intervención. Se establecieron las bases de sistemas de monitorización de parámetros físicos, basados en complejas redes de sensores monitorizando los elementos sujetos a estudio.

Todo ello nos proporcionó un seguimiento de tendencias de parámetros termohigrométricos a lo largo de los años 1994 a 1995, siguiendo posteriormente las mediciones y realizando modificaciones en la distribución y cambio de algunos sensores. Como veremos, el sistema estuvo en funcionamiento hasta el año 2000, sufriendo durante los últimos años varios fallos de funcionamiento provocados por la caída de rayos, afectando tanto a la red de sensores como a la centralita de adquisición de datos.

En abril de 1997 se constituyó la Fundación para la Restauración de la Basílica de la Mare de Deu dels Desamparats, formada por las principales Instituciones Valencianas de la Cultura, la Religión y la Política, con el único objetivo de potenciar las intervenciones necesarias para recuperar los daños puestos de manifiesto con los estudios previos de años anteriores, y lograr la Recuperación Integral de la Basílica. Su finalidad fue apoyar las normas de protección para la conservación y restauración, así como solicitar de entidades y personas el mecenazgo mediante inversiones para financiar las obras.

La primera gran intervención tiene lugar en 1998 con la restauración de las cúpulas, el tambor y la linterna de la Basílica, así como los frescos de la cúpula central, pintados en 1701 por Antonio Palomino; una auténtica joya deteriorada por el ambiente degradado y sobre todo, por los gases procedentes de la combustión de las velas que los miles y miles de feligreses encendían a la Virgen. Las obras se ejecutaron entre 1998 y 2004 con un resultado óptimo, motivo por el cual el equipo de restauración de la Universidad Politécnica de Valencia dirigido por la catedrática D^a Pilar Roig recibió de manos de la Reina de España el premio Europa Nostra 2006 de Patrimonio Cultural. En varias publicaciones se recogen los resultados que a lo largo de los años se obtuvieron de las intervenciones en los elementos ornamentales murales (pinturas, estucos, etc.) y en el patrimonio mueble (policromías, lienzos, tablas, etc.). Estas últimas obras fueron restauradas en los talleres que se destinaron a tal fin en los deambulatorios superiores de la Basílica de la Virgen. Se formaron talleres de Restauración de Pintura Mural, Pintura de Caballete, Dorados, Esculturas, Vidrieras y Cerámica.

Destacan las intervenciones en la gran composición pictórica al fresco realizada en 1701 por Antonio Palomino en la cúpula de la nave central, 59 obras de caballete (lienzos y tablas), con sus marcos y cuatro obras escultóricas de madera policromada. También se incluyen en las publicaciones los resultados más relevantes de los seis Grupos de I+D+i, que desarrollaron el control y seguimiento científico de las restauraciones, que son: histórico, gráfico, físico-químico, colorimétrico, microbiológico y termohigrométrico. Los equipos se agruparon en

cinco líneas de investigación: histórica, gráfica-óptica, físico-química, medio-ambiental e intervención directa, cuyo trabajo en común, con fuertes interconexiones entre ellas, culminó en unos resultados del todo satisfactorios para el edificio histórico.

En la línea de investigación Medio-ambiental se determinaron los niveles y componentes de la contaminación físico-química y microbiológica con sus correspondientes propuestas de corrección. Así como el estudio de las condiciones microclimáticas de los espacios sometidos a estudio e intervención, su posterior evaluación pormenorizada y la detección del origen de las alteraciones de las mismas. Con todo ello se plantearon las propuestas concretas de actuación, valorando en su caso los métodos de control necesarios. Más allá del diseño e implantación de las propuestas de actuación, fue imprescindible realizar una supervisión continua que nos permitiera comprobar la bondad y eficacia de las mismas y nos ayudara a introducir mejoras o cambios.



Figura 4.1. Imagen de la Virgen de los Desamparados en su Camarín.

4.1.2.-Ficha técnica.

Se adjunta la ficha técnica de los trabajos en la Basílica de la Virgen.

Director-Coordinador de las actuaciones técnicas en la Basílica

Ignacio Bosch Reig.....Dr. Arquitecto. Dpto. Proyectos Arquitectónicos.U.P.V.

Responsable de la Restauración:

Pilar Roig Picazo.....Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

GRUPOS DE INTERVENCIÓN PARA LA RESTAURACIÓN

Pintura de Caballete

Vicente Guerola Blay..... Dr. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Mª Victoria Vivancos Ramón..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

María Castell Agustí..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Sofía Vicente Palomino..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Rosario Llamas Pacheco..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Alicia Hernández Vallés..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Mª Gertrudis Jaén Sánchez..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Mª Amparo Fernández Vidal..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Ignasi Gironés Sarrió..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Mª José Perpiñá Raga.....Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Pintura Mural

Pilar Roig Picazo.....Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Julia Osca Pons..... Dr. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

José Luis Regidor Merino..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

José Luis Regidor Ros.....Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Gianluigi Colalucci..... Restaurador Jefe de la Capilla Sixtina (Roma)

Sabino Giovanonni..... Restaurador Jefe de Pintura Mural del O.P.D. (Firenze)

Angelina Iranzo Campos..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Mª Teresa Moltó Orts..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

María Palumbo..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Eric Rojas Márquez..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Amparo Peris Navarro..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Elena Gámez Pérez..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Dorados y Policromías

Enriqueta González Martínez..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Assumpta Martí Domingo..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Reyes Martínez Fuentes..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Pedro Sánchez Morcillo..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Escultura

José Luis Roig Salom..... Dr. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Ángel A. Hernández RodríguezLdo. en Bellas Artes (Escultura). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

EQUIPOS DE APOYO A LA RESTAURACIÓN

Documentación y registro fotográfico, radiológico y videográfico

José A. Madrid García..... Dr. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 Juan Valcárcel Andrés..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 Lucía Peiró Lloret..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 César A. López Ferrer..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Control físico-químico

Teresa Doménech Carbó..... Dra. en Química. Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 M^a José Casas Catalán..... Lda. en Química. Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 M^a Carmen Moya Moreno..... Lda. en Química. Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Colaboradores de la Universitat de València-Estudí General

Francisco Bosch Reig..... Dr. en Química. Dpto. Química Analítica. U.V.E.G.
 José Vicente Gimeno Adelantado..... Dr. en Química. Dpto. Química Analítica. U.V.E.G.
 Antonio Doménech Carbó..... Dr. en Química. Dpto. Química Analítica. U.V.E.G.
 Rufino Mateo Castro..... Dr. en Química. Dpto. Química Analítica. U.V.E.G.

Control colorimétrico

Mariano Aguilar Rico..... Dr. en Óptica. Dpto. C.R.B.C. U.P.V.
 Marisa Martínez Bazán..... Dra. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 María Roselló Olivares..... Lda. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 Raúl J. Mendoza Ramos..... Ldo. en Bellas Artes (Restauración). Dpto C.R.B.C. U.P.V.
 Favio Salinas Nolasco..... Ldo. en Física. Dpto C.R.B.C. U.P.V.

Estudio histórico

Rafael García Mahiques..... Dr. en Historia del Arte. Dpto. Historia del Arte. U.V.E.G.
 Víctor Marco García..... Ldo. en Historia del Arte. Dpto. C.R.B.C. U.P.V.

Control termobigrométrico

J. Manuel Pinazo Ojer..... Dr. Ingeniero Industrial. Dpto. T.A. U.P.V.
 Enrique Vivó Soria..... Ingeniero Industrial. Dpto. T.A. U.P.V.

Control microbiológico

Enrique Hernández Giménez.....Dr. en Microbiología. Dpto.Biotecnología. U.P.V.
 Rosa M^a Montes Estellés..... Dra. en Microbiología. Dpto.Biotecnología. U.P.V.

Control de contaminación atmosférica

Juan Carlos Asensi Sempere.....Dr. Ingeniero Industrial. Dpto. C.R.B.C. U.P.V.
 José Luis Bosch Reig.....Ldo. en Química. Laboratorio Municipal. Ayuntamiento de Valencia.

Apoyo informático

Ignacio Bosch Roig.....Ingeniero en Telecomunicaciones. Dpto. Comunicaciones. U.P.V.

Gestión administrativa

Juana C. Bernal Navarro.....Lda. en Historia del Arte. C.R.B.C. U.P.V.
 Sonia Muñoz García.....Lda. en Historia del Arte. Dpto. Proyectos Arquitectónicos.U.P.V.
 Alejandro Avellán Castillo..... Administrador Dpto. C.R.B.C. U.P.V.
 Pilar Villanueva Roig..... Lda. en Filosofía y Letras. Dpto. Proyectos Arquitectónicos.U.P.V.
 Desamparados Mániz Benloch..... Dpl. en Magisterio. Dpto. Proyectos Arquitectónicos.U.P.V.
 Laura Campos Vicent..... Lda. en Historia del Arte.Dpto. Proyectos Arquitectónicos.U.P.V.

4.1.3- Estrategia de Conservación Preventiva en el proyecto.

La intervención en el Patrimonio es un trabajo complejo, cuyo éxito depende de tres factores: el rigor científico del proceso, la interdisciplinariedad de las actuaciones y la visión global. Este análisis científico del monumento se desarrolla a través de un doble conocimiento:

- Intrínseco. Información deducida de sí mismo.
- Extrínseco. Influencia de su entorno físico y cultural.

De esta manera se logrará profundizar en los problemas de conservación de los Bienes Culturales, identificando y localizando los deterioros y evaluando los riesgos. Para la evaluación de riesgos, es necesario alcanzar varios objetivos parciales, como determinar la composición de los materiales constituyentes de las obras sometidas a estudio, conocer las condiciones ambientales del edificio que las alberga y diagnosticar el estado de conservación en la actualidad.

Las investigaciones llevadas a cabo en la Restauración-Rehabilitación de la Basílica de la Virgen por los equipos multidisciplinares, y en concreto por equipo de control termohigrométrico, se enmarcan en una estrategia de *Conservación Preventiva*, cuyo último objetivo es que los Bienes Culturales mantengan intactos sus valores en el futuro. La concreción de este planteamiento sobre cada una de las obras se estableció en base a varios objetivos:

- Identificación de técnicas y materiales constituyentes de cada una de las obras, mediante diversas técnicas analíticas, *tanto in situ* como en laboratorio sobre micromuestras.
- Reconocimiento del estado de deterioro y análisis de sus causas. Tanto de daños macroscópicos como el estudio de laboratorio de los signos

micromorfológicos de deterioro, incluyendo la determinación de daños causados por condiciones ambientales inadecuadas, entre las que se incluyen los factores microclimáticos, las radiaciones asociadas a la luz y los contaminantes atmosféricos.

- Establecimiento de las propuestas de intervención, basadas en los estudios previos.
- Realización del proceso de Restauración y control y seguimiento del proceso de intervención.
- Difusión de los resultados obtenidos así como de los métodos y medios empleados.
- El último objetivo, y no menos importante por ello, debería ser el establecimiento del procedimiento de control continuo de los resultados.

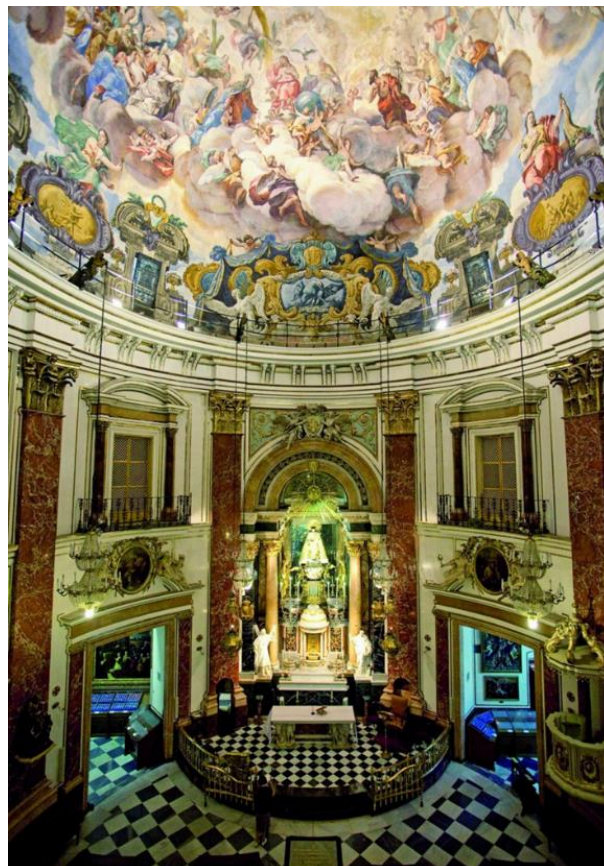


Figura 4.2. Imagen general del Altar de la Virgen y parte de las pinturas de A. Palomino una vez finalizada la restauración-rehabilitación del edificio.

4.1.4.- El conjunto patrimonial de la Basílica.

La necesidad de construir una capilla para la imagen de la Virgen surge del fervor y devoción del Pueblo Valenciano hacia su Patrona. Figura 4.1 y 4.2. La elección del espacio físico responde a los condicionantes de la época y a las trazas urbanísticas de la ciudad de Valencia por aquel entonces. La importancia de la Imagen que alberga la Basílica es decisiva a la hora de ubicar el monumento. Por ello se propone edificar el templo en el lugar que ha sido tradicionalmente centro de la cultura y religiosidad de la ciudad. Figura 4.3.

Hace ya casi trescientos cincuenta años de la inauguración de la real Basílica de la Virgen de los Desamparados, aunque el rango de Basílica menor fue concedido por el papa Pío XII, en 1948. Durante un tiempo se discutió el nuevo emplazamiento de la Capilla, y finalmente se optó por construirla próxima a la Catedral. Así la Cofradía compró dos viviendas propiedad del Cabildo, y habitadas por el Arcediano Mayor, para iniciar allí las obras del nuevo edificio.

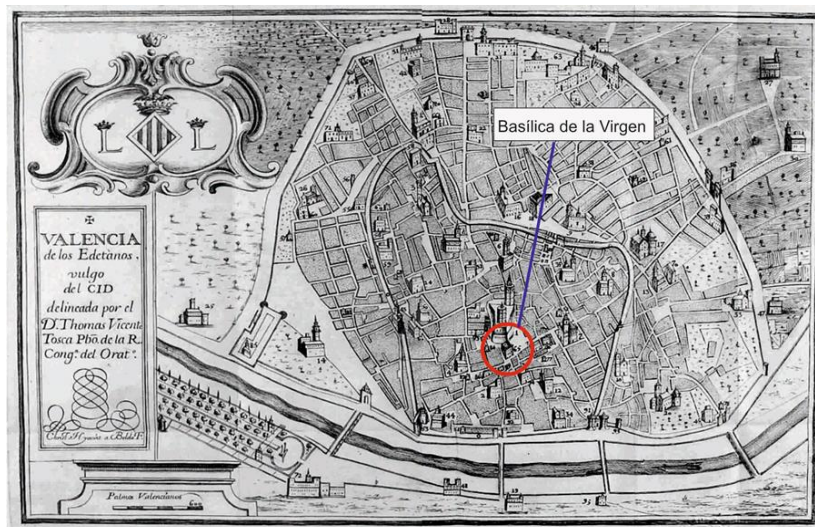


Figura 4.3. Situación Basílica de la Virgen. Plano de Valencia, Tomás Vicente Tosca (1738).

En 1644, según las actas de la cofradía, se esboza el proyecto del nuevo templo, así como su emplazamiento. En 1652, el arzobispo Pedro de Urbina bendijo la primera piedra del templo. El pueblo valenciano sabedor del magnífico proyecto, colaboró en la recaudación de fondos para levantar el templo.

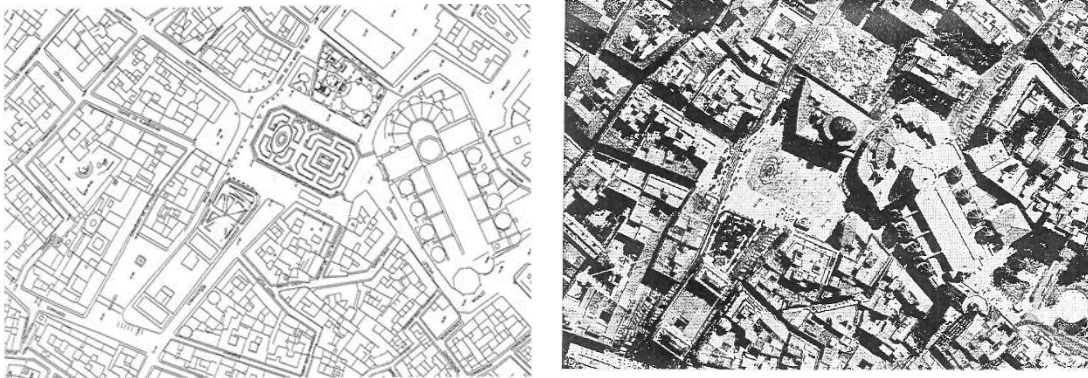


Figura 4.4. Localización del conjunto del edificio en el centro histórico de la ciudad de Valencia y fotografía aérea correspondiente.

Un mediodía del mes de Abril de 1651, en la Plaza de la Seo, se toma posesión del inmueble que se halla en el lugar donde hoy se levanta el edificio, efectuado por las autoridades de la Cofradía, con derribo de parte de los muros y colgando el blasón. Aquella explosión de entusiasmo fue la primera de las innumerables de la misma plaza, que todavía las renueva el segundo domingo de Mayo. Significa la consagración popular de la Santa Imagen.

4.1.4.1.- Descripción del edificio.

La Basílica es un edificio de planta rectangular, exento, situado entre la Plaza la Virgen, Calle de la Leña, Cors de la Mare de Deu y pasadizo formado entre la Basílica propiamente y la Catedral. Figura 4.4.

La construcción de edificio primitivo fue realizada por los arquitectos José Montoro y José Artigues conforme al proyecto arquitectónico del requenense Diego Martínez Ponce de Urrana, comenzando en 1651 concluyéndose en 1666. Siendo en la mañana del 15 de mayo de 1667, la inauguración de la nueva Capilla, hoy Basílica. Se realizó el traslado de la sagrada imagen original de la Virgen de los Desamparados, con asistencia del arzobispo Pedro de Urbina, de ambos cabildos, del clero de la catedral, de la nobleza y del pueblo.

El edificio construido sufrió algunos deterioros a lo largo de sus tres siglos de vida, unas veces por ampliaciones y reformas, sobre todo en los siglos XVIII al XX. Sucesivas intervenciones de ampliación conformaron finalmente el edificio de planta trapezoidal irregular, que cuenta con un amplio espacio diáfano, de contorno con forma elíptica, cubierto por una cúpula sobre tambor cilíndrico dividido en ocho sectores. Sobre la cúpula descansa una esbelta linterna (actualmente cegada) con remate de cupulín de apuntamiento muy parecido al de la cúpula inferior.

Además de los muros perimetrales de fachada destacan en la planta de su estructura vertical los radiales del espacio elíptico antes citado, entre los que se han habilitado capillas y dependencias de acceso al cuerpo central. Alineado con el eje mayor de la elipse se encuentran el Altar Mayor y el Camarín de la Virgen, y a ambos lados de éste la Capilla de la Comunión y la Sacristía. Figura 4.5 y 4.6.

Se alzan en las cuatro fachadas del conjunto dos plantas sobre rasante de calle, con excepción del bloque existente en esquina c/ Leña a c/ Cors de la Mare de Deu, de más reciente construcción, que cuenta con tres alturas. Hacia el interior, el tambor de la cúpula destaca como una planta más sobre los aleros de cubiertas perimetrales.



Figura 4.5. Plano de planta Basílica, nivel de tribunas.

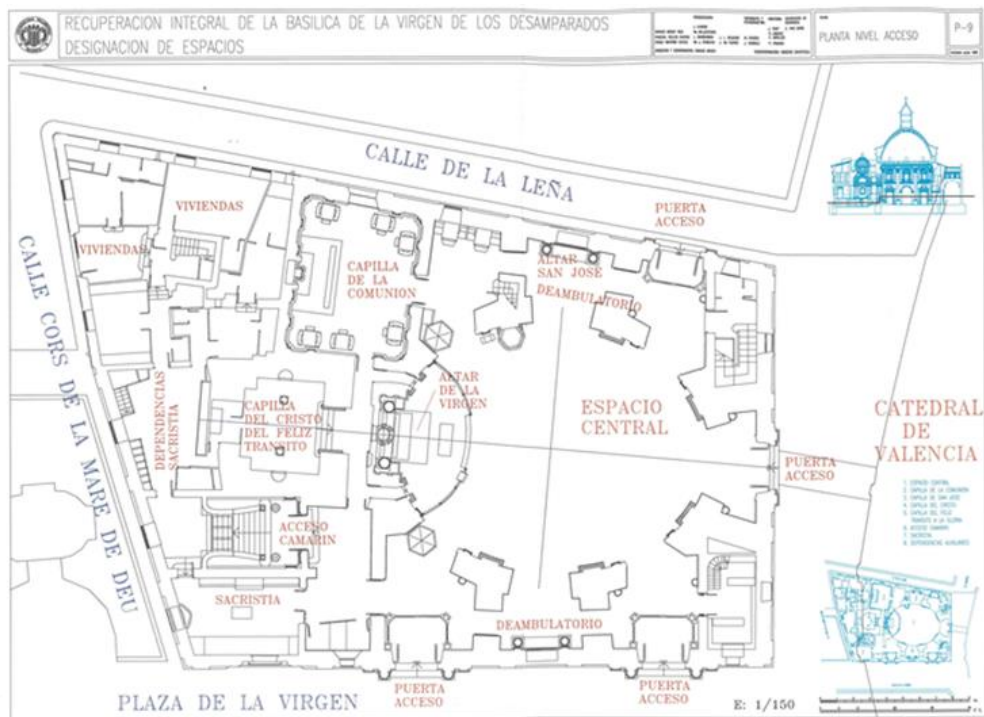


Figura 4.6. Plano de planta Basílica, nivel de acceso.

La Basílica se caracteriza por el equilibrio entre la idea de centralidad renacentista (planta cuadrada y espacio vertical) y el dinamismo barroco de la traza elíptica como definitoria del espacio interior, así como por la fusión espacial entre la nave central elíptica y el Camarín de la Virgen (Bosch, et.al. 2001). La importancia del edificio viene reflejada por una parte, en su construcción como Santuario de la Virgen de los Desamparados, y por otra en el amplio y rico patrimonio Pictórico-Escultórico-Ornamental de los siglos XVII al XX.

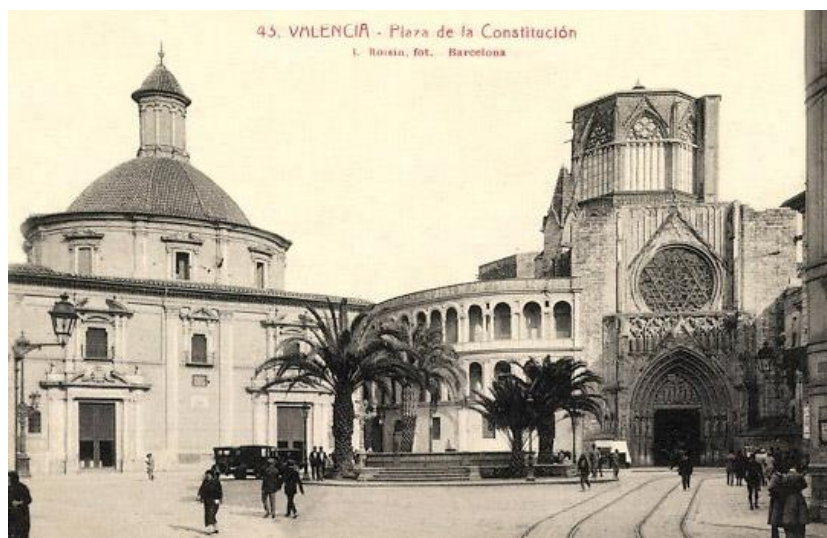


Figura 4.7. Postal representando la fachada de la Basílica a la plaza de la Constitución (hoy plaza de la Virgen). 1922.(Colección propia)

El interior de la Basílica presenta una solución arquitectónica que combina el espacio comprendido debajo de la cúpula con los espacios entre aquel recinto central y las cuatro portadas, conteniendo además los pasadizos donde se sitúan los altares laterales. Estos espacios laterales se integran totalmente en el espacio central. El cuerpo de la cúpula (de planta ovalada) destaca claramente. La cúpula principal de la Basílica se encuentra situada en planta centrada respecto al eje longitudinal del edificio y ligeramente desplazada hacia la Catedral. Consta de un tambor dividido en ocho partes por pilastras escalonadas, en ladrillo, dóricas. En el

conjunto general de la cúpula puede apreciarse en su configuración externa los siguientes tres cuerpos:

- El tambor, cilíndrico de directriz aproximadamente elíptica, con ocho ventanas ligeramente abocinadas.
- La cúpula, con revestimiento exterior de teja cerámica vidriada.
- La linterna, también con ocho aberturas, actualmente cegadas, en arco con pilastras resaltadas y remate de entablamento cubierta por un cupulín campaniforme revestido con el mismo tipo de teja antes indicado.

Interiormente la cúpula cuenta con una hoja interior, no resistente, suspendida de la exterior mediante tirantes, y decorada con pinturas al fresco realizadas por Antonio Palomino en 1701. Figura 4.8. Tanto el tambor como las cúpulas resistente y decorada, linterna y cupulín, se han ejecutado con fábrica de ladrillo cerámico tomada con mortero de cal. En algunas localizaciones se han empleado morteros de yeso.



Figura 4.8. Vista desde los deambulatorios inferiores del conjunto pictórico de A. Palomino.

4.1.4.2.- Estado de conservación-restauración de la pintura mural y caballete.

Pintura mural

El profundo examen realizado a las pinturas al fresco durante el año 1994 dio como resultado el descubrimiento de varias patologías y deterioros sobre su superficie. Principalmente el intenso ennegrecimiento de la superficie pictórica, y especialmente en la zona situada sobre el altar, donde a lo largo de décadas se ha producido de forma ininterrumpida la combustión de velas. Este nivel de ennegrecimiento también se encontraba en zonas inferiores próximas a la cornisa. Como más adelante describiremos, existe relación directa entre la deposición de partículas (contaminantes) y las condiciones termohigrométricas del ambiente interior de la cúpula pintada.

Sobre la superficie pictórica no se advirtieron eflorescencias salinas, decoloraciones o cambios de propiedades. Con el análisis que realizaremos en capítulos posteriores, comprobaremos si se producen las condiciones ambientales de riesgo necesarias para el movimiento de sales entre el material soporte de la pintura al fresco y el ambiente interior. El estudio microbiológico descubrió una elevada contaminación por hongos, proveniente del ambiente, lo que hace necesario para la prevención de este tipo de riesgo, el mantenimiento de un ambiente limpio, ventilado y con condiciones de temperatura y humedad estables.

Una gran superficie como la cúpula de la Basílica, de aproximadamente 600 m², presenta una gran diversidad de posibles daños: acumulación desigual de suciedad, diferentes estados de conservación, diferencias técnicas entre zonas, esfuerzos diferenciales entre capas de la pintura, y un largo etc. El fresco no ha sufrido filtraciones de agua gracias a la buena conservación de la cubierta (cúpula exterior), que también será objeto de intervención, para mejorar los parámetros resistentes y de transmisión de esfuerzos a la segunda cúpula soporte de las pinturas de A. Palomino.

En el capítulo dedicado al ensayo de aislamientos y refuerzos de las dos cúpulas con el modelo a escala 1:1, se analizarán desde el punto de vista de análisis ambiental los efectos de diversos materiales a emplear en la propuesta de consolidación de las cubiertas.

En el año 1998 se inició la restauración del conjunto pictórico realizado por A. Palomino, trabajando en las tareas de limpieza y de consolidación pictórica, cuyos resultados quedaron plasmados en numerosos artículos y publicaciones. Las premisas seguidas para la restauración, se argumentaron en base a las diferentes pruebas realizadas por el amplio equipo multidisciplinar durante los estudios previos y a lo largo de los años de intervención.

Respecto al seguimiento termohigrométrico presentaremos un completo resumen de los resultados obtenidos en los estudios previos correspondientes al año 1994 y 1995 y de varias campañas de medida realizadas en años posteriores luego del saneado del sistema de medición debido a una gran avería provocada por la caída de un rayo en septiembre de 1995.

Analizaremos también la evolución de los ambientes sometidos a estudio, desde la nueva perspectiva de normativas actuales (UNE EN 15757:2010, UNI 10829, ASHRAE 2013, etc.), y la aplicación de análisis de riesgos actualizando y mejorando los procedimientos de investigación. Este nuevo análisis se realizará sobre los datos obtenidos por el sistema de monitorización ambiental en el año 2000, en pleno desarrollo de las tareas de restauración-rehabilitación del conjunto de la Basílica de la Virgen, en todos los órdenes de actuación, arquitectónica, pintura mural, pintura de caballete, etc.

Pintura de caballete.

Las obras de pintura de caballete sometidas a estudio y posterior restauración, forman un conjunto heterogéneo. Como en el resto de disciplinas de restauración, el intercambio de información entre las cinco líneas de investigación, histórica, gráfica-óptica, físico-química, medio-ambiental e intervención directa ha contribuido decisivamente a la obtención de excelentes resultados.

El seguimiento termohigrométrico se realizará tanto en las zonas donde están ubicadas las obras, como más adelante en los talleres de restauración de los diferentes equipos, instalados a partir del año 1998 en las dependencias de la Basílica. Estos talleres serán tanto para obras de pintura de caballete, restauración de marcos y esculturas. Se incluye en este capítulo el estudio básico de la evolución de los ambientes interiores de los talleres durante el periodo 1998-1999.

4.1.4.3.- Estudio físico-químico de las restauraciones.

En el estudio realizado por el equipo dirigido por la Dr. Teresa Domenech, se han empleado diversos tipos de análisis de las obras, posteriormente restauradas. El principal objetivo del estudio analítico ha sido el reconocimiento y cuantificación de los componentes tanto orgánicos como inorgánicos de los materiales soporte o constituyente de las obras. Centrándonos en la pintura mural, el análisis de las diferentes capas, soportes, pigmentos, aglutinantes, barnices y sustancias impropias, ha proporcionado la caracterización de las mismas y la información necesaria sobre su estado de conservación y posibles patologías.

Las técnicas de análisis empleadas han sido: Microscopía Óptica, ensayos microquímicos, Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR), Microscopía Electrónica de Barrido/Microanálisis de Rayos X (SEM/EDX), Difracción de Rayos X (XRD), Cromatografía de gases y espectrometría de masas.

La pintura al fresco de la cúpula principal está compuesta por dos capas de preparación: “arenato-trusilatio” y “arriccio”, constituidos por sulfato de calcio en sus dos diferentes estados de hidratación, yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), yeso hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4). La capa de preparación superficial “intonaco” se compone principalmente de calcita (CaCO_3) y componentes de tipo silíceo, que se corresponde con un revoque de arena y cal.

Cuantitativamente tenemos:

- CaSO_4 >90% en sus diferentes estados de hidratación en la capas de preparación internas.
- CaCO_3 en un 69,4% y SiO_2 en un 30,6% en la capa de preparación superficial.

Analizados los principales componentes inorgánicos de las capas de suciedad presentes en la superficie de la pintura al fresco, se detectaron eflorescencias micro cristalinas de yeso, calcita y nitrocalita KNO_3 . Durante el proceso de limpieza de la superficie de las pinturas, se constató la completa solubilización de las microeflorescencias de yeso y nitratos, pero se advirtió la presencia de un aumento de la porosidad en la superficie pictórica, que podría favorecer otros procesos de degradación.

En el capítulo dedicado al análisis de riesgos, se estudiaron las condiciones ambientales internas y se evaluaron los principales riesgos a los que están sometidos los elementos ornamentales, especialmente las pinturas murales, tanto de la cúpula principal como de la Capilla de la Comunión y del Camarín de la Virgen. Esta evaluación de riesgos se centró principalmente en el análisis de los ambientes, en búsqueda de condiciones favorables para la condensación sobre las superficies pictóricas, la determinación de factores que propiciaran la hidratación y/o cristalización de sales en los diferentes estratos de las pinturas y la evaluación de posibles condiciones favorables para el crecimiento biológico.

4.2.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Periodo 1994-1995.

Para realizar la labor de toma de datos y seguimiento de las diferentes variables durante los años 1994 y 1995, se dispuso de un total de 60 sensores conectados, registrando información con una cadencia de 30 minutos. Esta cadencia de lectura y almacenamiento se estimó suficiente para el análisis que posteriormente se realizaría de las fluctuaciones tanto de amplitud como de velocidad. Para esta toma de datos se disponía de un sistema de adquisición de datos UL-100. Más adelante se indicarán las especificaciones técnicas del mismo.

Los parámetros de medición automática fueron la temperatura, tanto ambiental como superficial y la humedad relativa. La variabilidad e interacción de estos parámetros son los defintorios de algunas de las condiciones de riesgos a las que está sometido el Bien de Interés Cultural por encontrarse en un entorno degradado. Existen otros factores microclimáticos como la iluminación, la contaminación y la presencia de microorganismos, que también juegan un papel muy importante, siendo decisiva la relación de estos últimos con la temperatura y humedad relativa.

Tal y como se expuso en el capítulo 2, a lo largo de este trabajo se relacionarán los efectos de las condiciones de temperatura y humedad con la deposición de contaminantes particulados y los factores de riesgo para el desarrollo de biodeterioro. El análisis exhaustivo de estos parámetros (contaminantes gaseosos, partículas, hongos, bacterias, insectos, etc.) corresponde a líneas de investigación de otros equipos de trabajo. Al final del capítulo se incluye el resumen de los resultados obtenidos por estos.

Además de los registros continuos de estos parámetros críticos, se realizaron gran cantidad de mediciones puntuales tanto de verificación del buen funcionamiento de los sensores existentes, como de análisis de posibles diferencias espaciales, comprobación de gradientes térmicos y verificación de flujos de aire dentro de los

espacios sometidos a estudio. Para estas mediciones se empleó instrumental portátil, el cual se relaciona en el capítulo 1.

Toda esta información fue almacenada y procesada posteriormente. Para ello se diseñó un sistema de almacenamiento y análisis de datos mediante sistema informatizado, con la previsión de acceso remoto en tiempo real a parámetros y elaboración de gráficas e históricos de medidas. Además se realizaban periódicamente copias de seguridad, tanto de los datos puros como de los ya procesados, dado el gran volumen recopilado de los mismos anualmente (alrededor de 800.000). El proceso posterior implica la validación de los datos obtenidos por el sistema de monitorización, eliminando los registros erróneos provocados por interferencias exteriores (caídas de tensión, ensuciamiento de sensores, etc.). La obtención de parámetros derivados de los fundamentales, tales como humedad específica (W), temperatura de rocío (Tr), distancia al punto de rocío (DPR), etc. multiplica varias veces la cantidad de datos a procesar.

Más adelante se mostrarán las diversas plantillas de toma de datos puntuales, así como otro tipo de mediciones realizadas para determinar las condiciones de uso de las diferentes dependencias de la Basílica: asistencia diaria de visitantes, iluminación empleada en cada momento y especialmente eventos tales como el día de la Virgen y festividades señaladas.

Por último señalar que durante los siete años de mediciones, coincidentes con los periodos de estudios previos y de intervención en la Basílica por parte del resto de equipos, se realizó un exhaustivo seguimiento y mantenimiento del sistema de medición por parte del doctorando.

4.2.1.- Objetivos de la investigación microclimática.

La investigación microclimática pretende caracterizar la evolución y tendencias de parámetros psicrométricos en el ambiente bajo estudio, en relación con variables tanto internas como externas. La investigación enfoca diferentes problemas tales como:

- Metodologías para llevar a cabo estudios microclimáticos en espacios singulares, tales como capillas, cúpulas, y en general lugares con variaciones ambientales de difícil evaluación, tanto por sus dimensiones como por la presencia de una enorme diversidad de agentes ambientales interrelacionados.
- Problemas relacionados con la obtención de los datos necesarios para el análisis termohigrométrico.
- Tratamiento de los datos y evaluación de resultados, atendiendo a la variabilidad antes mencionada.

Los objetivos de la investigación se centran en tres puntos fundamentales:

1º.- Observación en un período anual de las variaciones de la temperatura y humedad relativa en los diferentes espacios que componen el edificio, así como sobre los elementos pictóricos y ornamentales más relevantes. Este estudio deberá analizar los diferentes parámetros ambientales, unido todo ello al conocimiento de los gradientes más desfavorables producidos en el transcurrir de los meses.

2º.- Determinación de la influencia de los diversos focos de temperatura y humedad existentes en el comportamiento térmico global de cada espacio. Se deberán correlacionar tanto el aporte energético debido al ambiente exterior (en base a sus condiciones termohigrométricas), como las cargas térmicas interiores, centrándose fundamentalmente en el producido por los ocupantes, luces y velas.

Para abordar este 2º objetivo se realizaron:

- Estudios de la constitución de los cerramientos, su permeabilidad y coeficiente de transmisión de calor, para determinar de qué modo influyen las variaciones de temperatura, radiación solar, lluvias y viento, y otros agentes atmosféricos. Más adelante se estudiará con detenimiento la cubierta (cúpula principal) de la Basílica de la Virgen, determinando el coeficiente global de transmisión de calor en varios supuestos, con el análisis del modelo a escala 1:1.
- Determinación de las corrientes de aire incontroladas provocadas tanto por las puertas y ventanas permanentemente abiertas, como por la combustión de velas, o la existencia de gradientes de temperatura causados por estratificación de masas de aire y movimiento convectivo del mismo.

3º.- Propuesta de las principales características que debe de contemplar el proyecto de acondicionamiento de aire de las dependencias sometidas a estudio, con el fin de preservar en el tiempo las obras de arte allí contenidas. Dichas propuestas cumplirán.

- Métodos y propuestas de difusión de aire que respeten el conjunto artístico y que no agredan al aspecto estético de los elementos ornamentales.
- Zonificación propuesta, con las condiciones termohigrométricas a cumplir en cada espacio, en base a las necesidades del mismo.
- Potencias y equipos requeridos para el mantenimiento de las condiciones ambientales idóneas en cada caso.

4º.- Necesidad de medir una gran variedad de parámetros que influyen y se interrelacionan, modulados por el transcurrir de las estaciones.

Para la caracterización de un fenómeno determinado, es necesario que la medición continua de los parámetros se realice en varios puntos elegidos con criterios bien definidos. Para ello se dispone de una extensa red de sensores distribuidos por todas las estancias del edificio, cuya señal se centraliza en un sistema electrónico que más adelante se describirá. Del análisis de los resultados así obtenidos se podrá llegar a la comprensión de determinados fenómenos microclimáticos empleando como instrumento y vía de análisis las siguientes variables:

- Temperatura ambiental.
- Temperatura de contacto.
- Humedad relativa.
- Velocidad del aire.
- Humedad en muros y cubiertas
- Humedad específica.
- Temperatura del punto de rocío.
- Presión parcial del vapor de agua.

4.2.2.-Ubicación de sensores.

Un punto muy importante para el éxito de la sistematización de las campañas de medida es la ubicación de los sensores. Como ya hemos descrito, en el caso de la Basílica, por su especial tipología constructiva se dispuso de un total de 60 sensores para poder cubrir los espacios con importante contenido ornamental. Se tuvo también en cuenta su accesibilidad tanto para el montaje como para el posterior mantenimiento.

Como se puede apreciar en los planos adjuntos, tanto de situación de sensores como de líneas de cableado, la existencia de las estructuras de andamios tubulares, fue decisiva para poder situar de forma “privilegiada” muchos de los puntos de control. Figuras 4.8 a 4.16.

Para situar los 60 puntos de control se emplearon diversos criterios en base a los espacios sujetos a estudio, realizándose un análisis previo de las necesidades y participando en la toma de decisiones el resto de equipos de trabajo, en especial de pintura mural y arquitectura. Además los puntos de control seleccionados debían recoger varios ciclos completos de mediciones a lo largo de los años, sin necesidad de sufrir variaciones de situación. Entre los espacios seleccionados podemos destacar:

- Seguimiento de los cambios de temperatura en la superficie de la pintura al fresco de la cúpula principal, mediante la colocación de sondas superficiales repartidas en distintos niveles y orientaciones, con distribuciones simétricas. Figura 4.8, 4.9 y 4.12.
- Seguimiento de las variables termo-higrométricas en espacios característicos tales como el Camarín de la Virgen y la Capilla de la Comunión. En estos casos el estudio se extendió también a los frescos de F.Llácer y R. Stolz situados en dichos lugares. Figuras 4.10, 4.11, 4.13 y 4.15.
- Medición selectiva de humedad relativa ambiental en 10 puntos de la Basílica y zonas exteriores. Figuras 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16.
- La red de medición se completó con lugares como la Sacristía, la Coveta, los deambulatorios superior e inferior y el propio espacio central de la Basílica a distintos niveles.



Figura 4.9. Sensores de T^a superficial sobre fresco A. Palomino. Basílica.



Figura 4.10. Sensor T^a superficial sobre fresco del Camarín. Basílica de la Virgen.



Figura 4.11. Sensor T^a superficial sobre fresco C. Comunión.



*Figura 4.12. Sensor T^a superficial antes y después de pegado sobre el fresco de A. Palomino
Basílica de la Virgen.*



*Figura 4.13. Sensor T^a y HR en
C. Comunión. Basílica de la Virgen.*



*Figura 4.14. Sensor T^a y HR en
cúpula. Basílica de la Virgen.*



Figura 4.15. Sensor Tª y HR en Sacristía. Basílica de la Virgen.



Figura 4.16. Sensor Tª y HR exterior. Basílica de la Virgen.

En el diseño y fabricación de estos sensores se prestó especial atención a los pesos y materiales empleados, así como al pegado especial en superficies pictóricas.

La colocación de los sensores Pt-100 de temperatura de contacto sobre las superficies pictóricas se realizó con el mayor cuidado posible, evitando en todo momento dañar los estratos pictóricos. En las pinturas murales existentes en la cúpula principal de la Basílica de Virgen, se situaron un total de 14 sensores y otros cuatro de temperatura superficial repartidos por las pinturas al fresco de la cúpula del Camarín de la Virgen y de la Capilla de la Comunión.

El proceso de pegado, se efectuó por los técnicos restauradores de la siguiente manera: el elemento sensor se colocó en el punto deseado y mediante tiras de 3 x 10 cm de gasa de seda, previamente untadas en un engrudo de metilcelulosa al 10 % con agua destilada, se cubre el mismo intentando que la gasa adopte en las proximidades del elemento la forma del mismo. Se practica si es necesario pequeños cortes a la gasa para acoplarla al elemento sensor. Figura 4.17. Seguidamente se aplica aire caliente directamente al conjunto, presionando el sensor sobre la superficie, consiguiendo de esta manera un secado y rigidización

de la gasa. De la misma forma se sujeta el cable de conexión en tantos puntos como sea necesario para garantizar que el peso del mismo no despegue el elemento sensor. El proceso es totalmente reversible, y posteriormente se puede recuperar la soltura de la gasa y despegar el conjunto, aplicando de nuevo agua destilada con un pincel.



Figura 4.17. Detalle pegado sobre fresco de Palomino de sensores de temperatura Pt100.



Figura 4.18. Detalles de montaje de sensores en cubierta de tejas y en cúpula principal.

Para la conexión de las sondas se emplearon más de tres kilómetros de cable el cual debió ser escondido en la mayoría de los casos para evitar interferir en la estética del edificio. El proceso de instalación y montaje fue muy laborioso, debido a las dificultades arquitectónicas propias del edificio y al uso continuado de todas las dependencias del mismo. Dado lo complejo del montaje se contrató a una empresa especializada en montajes eléctricos, siendo las conexiones y colocación final del sensor tarea propia, contemplando en todo momento las medidas de seguridad necesarias. Figura 4.18.

En los planos adjuntos se localiza la red de cableado correspondiente a cada grupo de sensores. Figuras 4.19, 4.20 4.21. Esta instalación se realizó de forma que el sistema pudiera estar en funcionamiento el mayor periodo de tiempo posible y no solamente los años 1994-1995. La calidad de dicha instalación supuso que el sistema se mantuviera en funcionamiento hasta el año 2001, no sin pasar por multitud de incidencias.

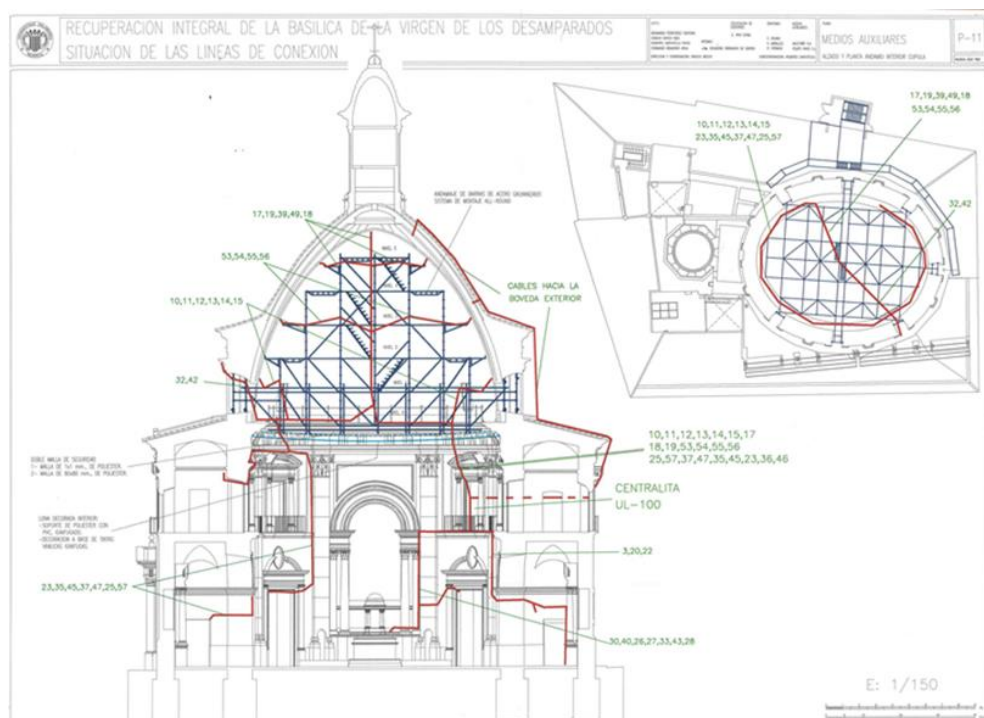


Figura 4.19. Red de cableado interior para conexión de grupos de sensores
Basílica de la Virgen.

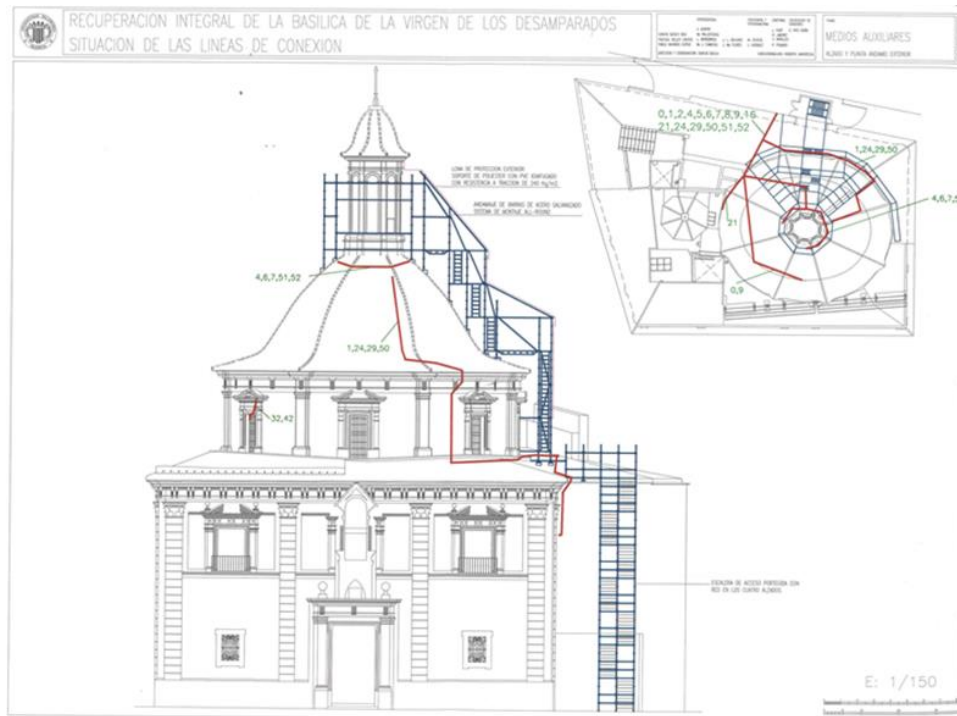


Figura 4.20. Red de cableado exterior para conexión de grupos de sensores.
Basílica de la Virgen.

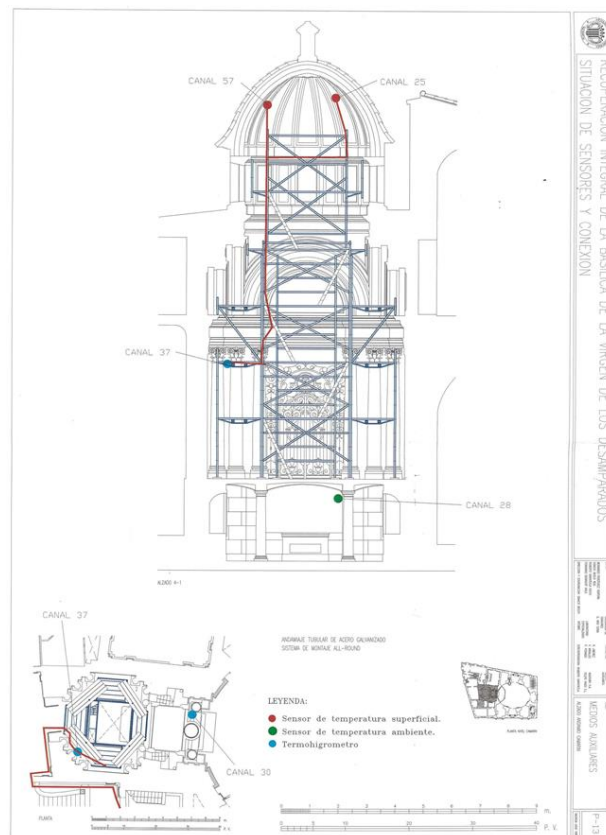


Figura 4.21. Plano situación de sensores. Camarín. Basílica de la Virgen.

Red de sensores en el conjunto de las cúpulas y zonas principales.

El sistema completo de medición, disponía de tres tipos de sensores: Sensores de temperatura superficial Pt-100, sondas de temperatura ambiente Pt-100 DIN43760 de alta velocidad de respuesta con sistema a tres hilos y medidores de humedad relativa ambiental (termohigrómetros) HIGROTEC 4420 de tecnología capacitiva. Todos estos sensores fueron adquiridos a la empresa Martin Marten con la calibración inicial realizada, efectuándose periódicamente comprobaciones de cada uno de los elementos mediante comparación con instrumental de precisión.

Como vimos en el capítulo dedicado a la descripción del edificio, el conjunto de la cubierta principal está constituido por dos cúpulas bien diferenciadas, una cúpula resistente y una otra falsa que actúa como soporte de las pinturas al fresco, suspendida de la exterior mediante tirantes, y decorada con pinturas realizadas por Antonio Palomino en 1701. Tanto el tambor como las cúpulas resistente y decorada, linterna y cupulín, se han ejecutado con fábrica de ladrillo cerámico tomada con mortero de cal.

La existencia de una cámara de aire entre ambas cúpulas y la gran inercia térmica de la cúpula resistente es determinante del comportamiento termohigrométrico en el ambiente interior y la superficie de los frescos. Por ello se dispuso de un total de 29 sensores de temperatura y 2 de humedad relativa ambiente en el conjunto de las cúpulas.

En los planos adjuntos se representan la totalidad de los sensores que fueron instalados en la Basílica. Figuras 4.22, 4.23, 4.24 y 4.25. Se incluye la localización en planta de las diferentes estancias y espacios que fueron objeto de estudio. Podemos destacar entre ellos:


- Espacio central. Incluyendo la cúpula falsa (soporte de las pinturas al fresco).
- Altar de la Virgen.
- Sacristía.
- Dependencias auxiliares.

- Capilla del Feliz Tránsito a la Gloria.
- Capilla de la Comunión.
- Camarín de la Virgen.
- Acceso al Camarín de la Virgen.
- Ante Camarín y Sacristía.
- Cupulín del Camarín (bóveda del Camarín).
- Deambulatorios (superiores e inferiores).
- Tribunas interiores.
- Cúpula exterior de teja vidriada tanto principal como del Camarín.
- Exterior de edificio

Adjuntamos el listado de los sensores que se mantuvieron en funcionamiento a lo largo del año 1994 y 1995, durante los estudios previos realizados por los diferentes equipos de profesionales. Tabla 4.1.

SITUACIÓN DE SENSORES		JULIO 1994
Canal 00. Superficie tejas Oeste bajo.	Canal 30. Altar de la Virgen.	
Canal 01. Superficie tejas Sur-Este bajo.	Canal 40. Altar de la Virgen.	
Canal 02. Superficie tejas Nor-Este bajo.	Canal 31. Salida a Plaza de la Virgen.	
Canal 03. Suelo Deambulatorio inferior.	Canal 41. Salida a Plaza de la Virgen.	
Canal 04. Cámara Nor-Este arriba.	Canal 32. Alero tambor exterior Sur-Oeste.	
Canal 05. Cámara Nor-Este bajo.	Canal 42. Alero tambor exterior Sur-Oeste.	
Canal 06. Tejas Nor-este arriba.	Canal 33. Capilla de la Comunión.	
Canal 07. Tejas Este arriba.	Canal 43. Capilla de la Comunión.	
Canal 08. Tejas Este bajo.	Canal 34. Zona Centro Bajo la lona.	
Canal 09. Cámara Este bajo.	Canal 44. Zona Centro Bajo la lona.	
Canal 10. Fresco Palomino bajo.	Canal 35. Sacristía.	
Canal 11. Fresco Palomino bajo.	Canal 45. Sacristía.	
Canal 12. Fresco Palomino bajo.	Canal 36. Deambulatorio superior.	
Canal 13. Fresco Palomino bajo.	Canal 46. Deambulatorio superior.	
Canal 14. Fresco Palomino bajo.	Canal 37. Camarín de la Virgen.	
Canal 15. Fresco Palomino bajo.	Canal 47. Camarín de la Virgen.	
Canal 16. Cámara Oeste bajo.	Canal 38. Zona Centro medio Bóveda.	
Canal 17. Fresco Palomino superior.	Canal 48. Zona Centro medio Bóveda.	
Canal 18. Fresco Palomino superior.	Canal 39. Zona Centro superior Bóveda.	
Canal 19. Fresco Palomino superior.	Canal 49. Zona Centro superior Bóveda.	
Canal 20. Tribuna superior derecha Altar.	Canal 50. Cámara Sur-Este bajo.	
Canal 21. Alero tambor exterior Nor-Este.	Canal 51. Cámara Este arriba.	
Canal 22. Pasillo Altar de San José.	Canal 52. Tejas Oeste arriba.	
Canal 23. Sacristía.	Canal 53. Fresco Palomino medio.	
Canal 24. Cámara Sur-Este arriba.	Canal 54. Fresco Palomino medio.	
Canal 25. Fresco Camarín Sur.	Canal 55. Fresco Palomino medio.	
Canal 26. Fresco Capilla Comunión Sur..	Canal 56. Fresco Palomino medio.	
Canal 27. Fresco Capilla Comunión Norte..	Canal 57. Fresco Camarín Norte.	
Canal 28. Capilla Cristo del Feliz Tránsito.	Canal 58. Bajo-teja Sur-Este.	
Canal 29. Tejas Sur-Este arriba.	Canal 59. Balcón exterior-oeste.	

Tabla 4.1. Listado sensores en funcionamiento año 1994.

	BASÍLICA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS.	
	FECHA:	TÉCNICO:
FICHA TOMA DATOS PUNTUALES. Nº	Temp. Ext. °C	H.R. Ext. %
	OBSERVACIONES:	

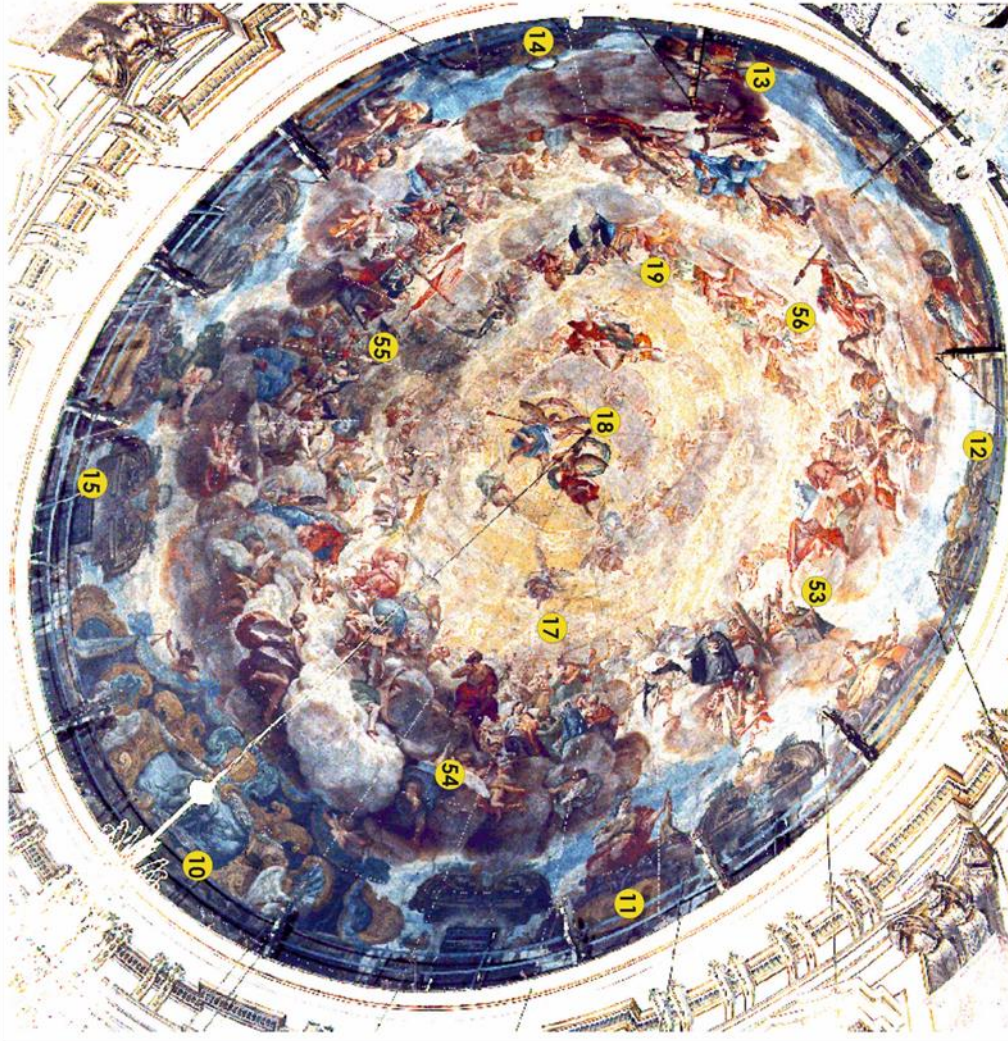


Figura 4.22. Plantilla de toma de datos puntuales de cúpula principal. Situación de sensores.

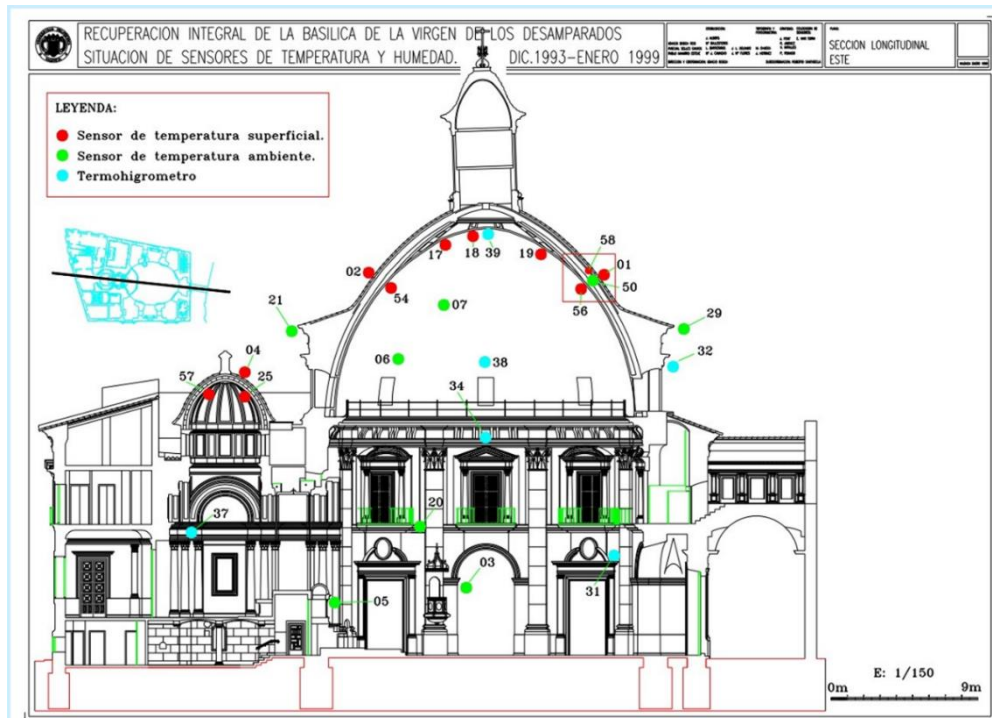


Figura 4.23. Situación de sensores. Sección longitudinal este.

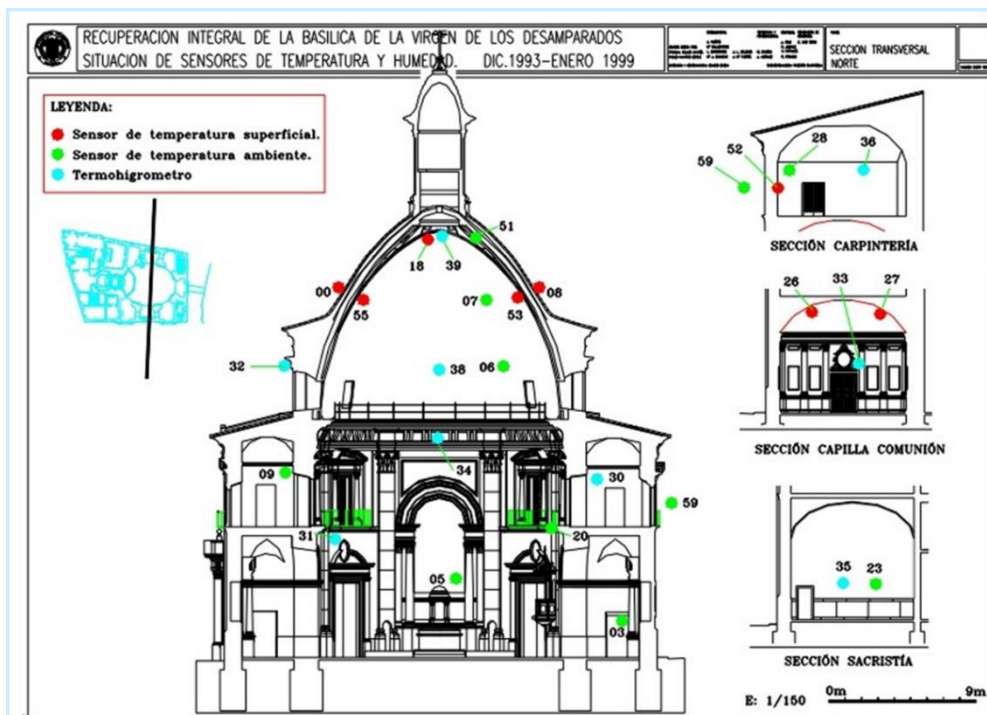


Figura 4.24. Situación de sensores. Sección transversal norte.

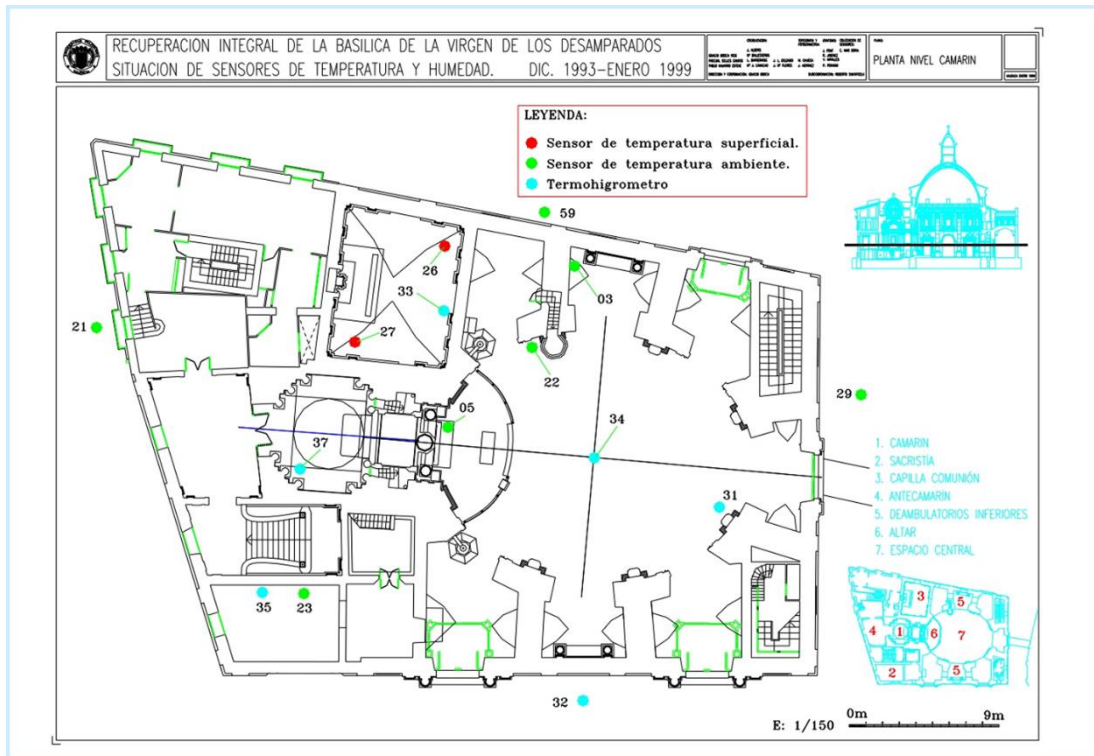


Figura 4.25. Situación de sensores. Planta nivel Camarín.

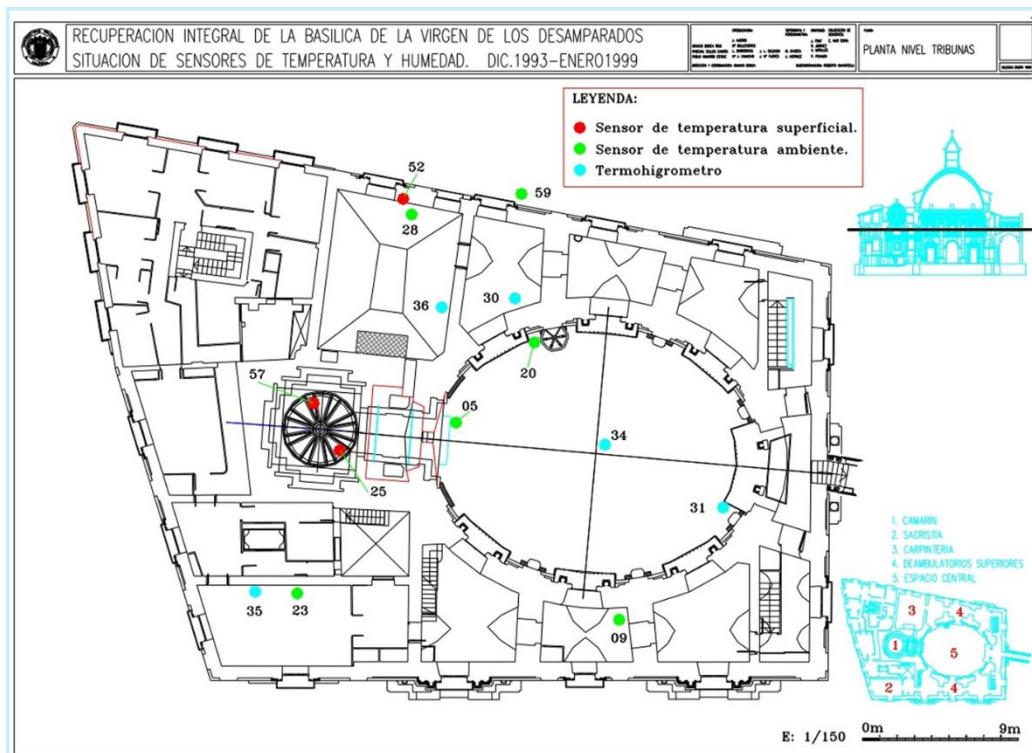


Figura 4.26. Plano situación de sensores. Planta nivel tribunas. Basílica de la Virgen.

4.2.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.

El registrador de datos UL-100 es una unidad de adquisición de datos completamente computerizada. El sistema puede equiparse con un máximo de 10 tarjetas analógicas de entrada con 10 canales cada una, con un total de 100 canales analógicos utilizables. El sistema dispone de dos tipos de tarjetas de entrada, unas para termoelementos Pt-100 DIN 43760 (figuras 4.27 y 4.31) y otras para sensores de humedad relativa con entrada de señal de 4 a 20 mA. El funcionamiento del UL-100 es controlado por un programa de gestión memorizado en disco de 3.5" que se inserta en el driver frontal del registrador (Figura 4.28 y 4.29).

Tipo entrada	Termopar	PT100	Tensión	Corriente
Resolución máx.	0,1 °C	0,1 °C	10 μ V	100 nA
Precisión máx.	$\pm 0,2$ °C	$\pm 0,4$ °C	0,05%	0,1%
Escala	-199,9 °C +1350,0°C	-199,9 °C +850,0°C	$\pm 299,99$ Vcc máx.	$\pm 299,99$ mAcc máx.
Linealización	J-K-T DIN/ANSI	DIN		

Figura 4.27. Características técnicas de las tarjetas estándar de entrada. UL100.

La capacidad de memorización en disquete de los datos adquiridos es superior a 500 ciclos de exploración de 100 valores cada uno, cada ciclo se memoriza por completo con referencia horaria y a los intervalos preestablecidos. Las funciones principales del programa actúan sobre:

- Intervalo de exploración de los canales y exploración de datos.
- Intervalo de memorización de los datos en disquete.
- Tiempo de activación de la eventual impresora externa remota.
- Intervalo de transmisión de datos en la línea RS-232.



Figura 4.28. Sistema UL-100. Basílica.



Figura 4.29. Operación del sistema. Basílica.

El sistema permitía la visualización, scanner, programación, memorización, impresión y transmisión de la información. Al igual que los sensores, el registrador de datos UL-100 fue adquirido a la empresa fabricante E.V. System a través de su representante en España, Martin Marten.

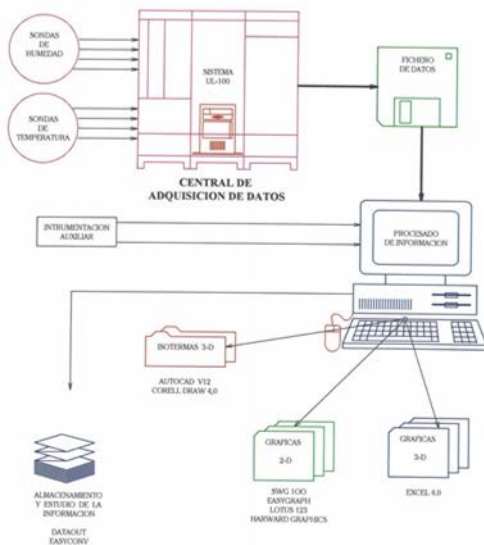


Figura 4.30. Plan de seguimiento, adquisición y tratamiento de datos.

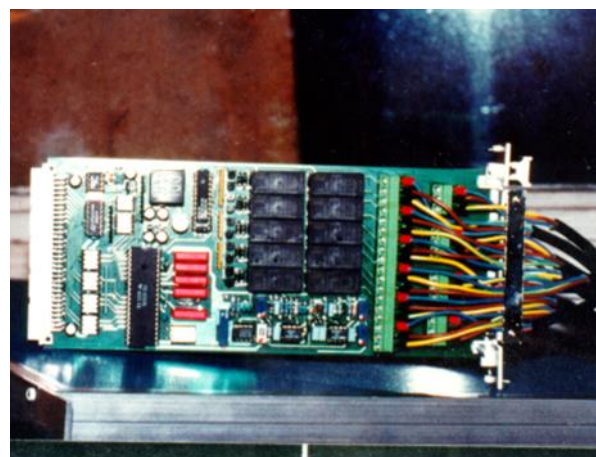


Figura 4.31. Tarjeta de lectura de sensores de Temperatura Pt-100.

Se instaló un sistema de almacenamiento y análisis de datos mediante sistema de telegestión informatizado, con acceso remoto (línea RDSI) en tiempo real de parámetros y elaboración de gráficas e históricos de medidas. Figura 4.32. Este sistema no llegó a funcionar completamente, ya que como hemos comentado, el sistema de adquisición de datos sufrió daños irreparables tanto en el equipo principal como en los sensores, a principios del año 2001 por la caída de un rayo. Luego de este accidente se procedió al desmantelamiento del sistema.



Figura 4.32. Pantalla del menú del programa de telegestión de datos.

El sistema implementado realizaba la lectura automatizada de los valores capturados por el sistema de adquisición de datos UL-100 a través de la línea RS-232, y mediante conexión al sistema PC-compatible asignado, almacenaba mediante un programa de conversión los valores en un sistema de archivo seguro. Se hacía uso de una base de datos relacional SQL previa al manejo de la hoja de cálculo. El sistema de consultas y explotación de datos disponía de la posibilidad de acceso remoto a los mismos almacenados en la SQL, mediante conexión modem al PC.

Los datos se procesaron finalmente mediante hoja de cálculo, ordenando en primer lugar la información validada, para luego implementar los algoritmos necesarios, tanto para obtener parámetros estadísticos como para formulación psicrométrica.

Por ello se confeccionaron tablas, plantillas, gráficas tipo que se adecuaron a los distintos periodos de análisis y las frecuencias, sistematizando estas tareas para facilitar el acceso y la interpretación de los datos por parte de los técnicos del resto de equipos de trabajo.

En la tabla 4.2, se representa un ejemplo de presentación gráfica de los datos, en este caso de la temperatura ambiental de la bóveda en el mes de abril de 1994. En esta sencilla tabla de doble entrada, además de la representación de los datos puros, se incluyen los cálculos estadísticos básicos (medias, máximos, mínimos y oscilaciones diarias). En el capítulo 1 se incluían las definiciones de cada uno de los parámetros y su utilidad a la hora de evaluar cualquier conjunto de datos que, como en nuestro caso, definen una evolución.

De la misma tabla deriva la gráfica en tres dimensiones de la figura 4.33, de gran ayuda para la determinación de la evolución temporal de un parámetro, atendiendo a su variación horaria y diaria, detectando con una simple observación, fenómenos relevantes (días de festividades, cierre/apertura del templo, etc.)

Este modelo de plantilla empleado en los primeros estudios de 1994-1995, ha sido sustancialmente modificado y utilizado en los análisis de la campaña de medidas del año 2000 de la Basílica de la Virgen y en los trabajos de investigación que se desarrollan actualmente en la Iglesia de San Nicolás y San Pedro Mártir de Valencia.

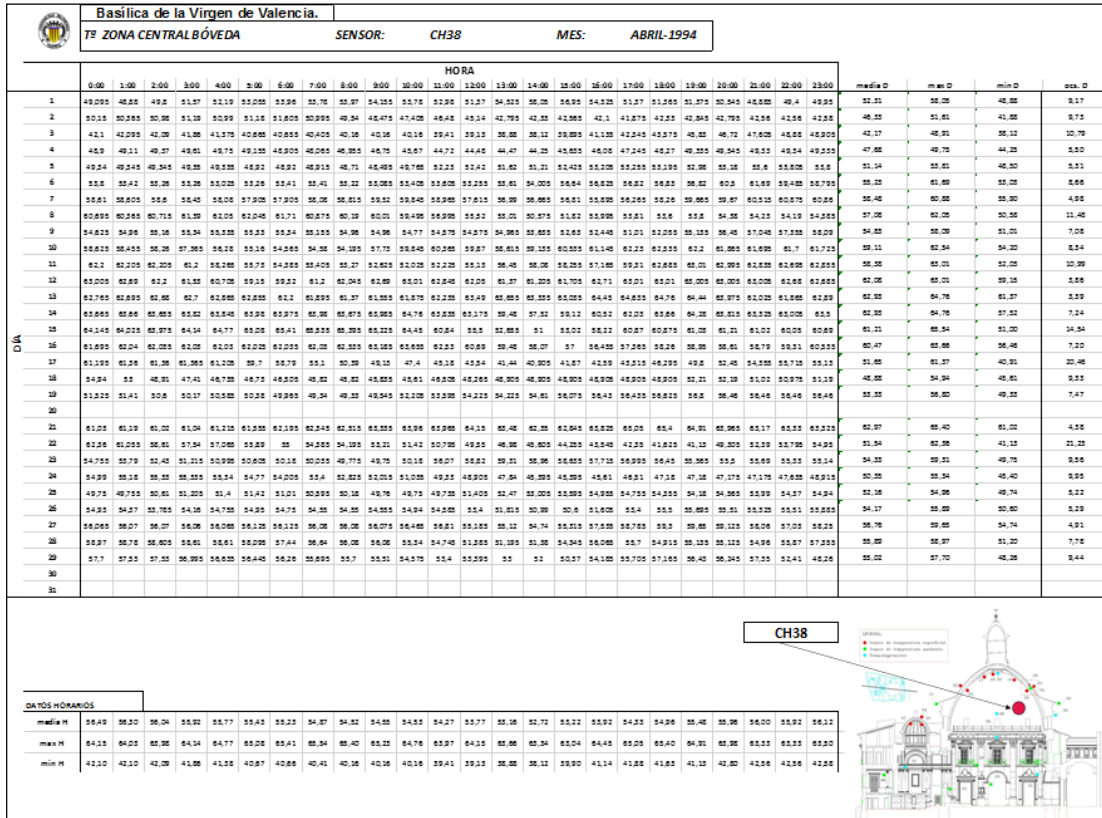


Tabla 4.2. Representación de datos mensuales con estadística básica.

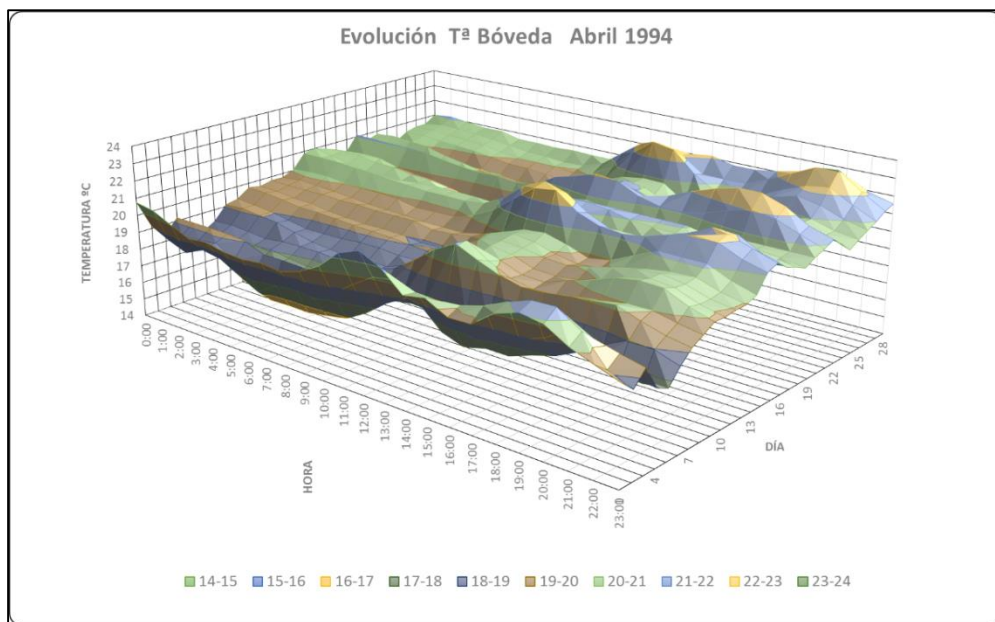


Figura 4.33. Representación tridimensional de datos de temperatura en bóveda. Abril 1994.

Como hemos visto, los periodos de campañas de medidas, se realizaron a lo largo de varios años. En la tabla 4.3 se indica la cantidad de datos puros obtenidos cada año de funcionamiento del sistema.

AÑO	Nº DATOS OBTENIDOS
1993	3.127
1994	818.762
1995	217.983
1996	615.801
1997	285.518
1998	218.150
1999	147.239
2000	320.919
Total	2.627.499

Tabla 4.3. Cantidades de datos obtenidos en cada año de funcionamiento. Basílica de la Virgen.

4.2.4.- Resultado de la campaña de medidas. 1994-1995

4.2.4.1.- Fichas resumen de resultados.

Presentamos en este punto el resumen de resultados y representaciones gráficas del primer periodo de análisis de 1994 a 1995. Analizamos las siguientes zonas: Cúpula principal de la Basílica, zona central y Camarín de la Virgen. En la tabla 4.4, podemos ver un ejemplo de resumen estadístico de datos de la totalidad de los sensores para el mes de septiembre de 1994.

SEPTIEMBRE 1994										
	CH 00	CH 01	CH 02	CH 03	CH 04	CH 05	CH 06	CH 07	CH 08	CH 09
MAXIMO	48,10	52,80	37,40	28,00	29,90	35,10	38,70	54,70	45,20	25,50
MINIMO	11,20	10,60	9,90	21,90	21,10	24,50	11,50	10,90	9,50	0,80
MEDIA	24,08	26,35	21,99	25,30	25,99	31,14	22,90	26,29	22,29	19,02
DESVMED	6,77	9,05	4,54	1,80	2,66	2,77	4,49	7,13	6,24	5,16
	CH 10	CH 11	CH 12	CH 13	CH 14	CH 15	CH 16	CH 17	CH 18	CH 19
MAXIMO	30,70	31,60	30,70	30,80	31,20	34,90	31,10	30,50	31,20	30,80
MINIMO	22,70	23,90	23,30	17,40	23,00	23,10	21,50	22,40	23,30	22,40
MEDIA	26,91	27,99	27,12	26,84	27,07	27,02	26,87	26,84	27,69	26,86
DESVMED	2,07	1,94	1,98	2,09	2,06	2,05	2,74	2,31	2,26	2,29
	CH 20	CH 21	CH 22	CH 23	CH 24	CH 25	CH 26	CH 27	CH 28	CH 29
MAXIMO	31,20	34,30	29,80	31,50	30,10	31,80	26,70	28,90	29,40	52,10
MINIMO	20,50	12,20	18,60	21,40	21,40	20,60	19,70	22,20	22,40	12,10
MEDIA	26,22	22,19	24,85	26,68	26,48	26,25	23,64	26,08	26,30	25,79
DESVMED	2,14	3,94	2,22	2,18	2,54	3,08	1,93	1,91	1,71	7,56
	CH 30	CH 31	CH 32	CH 33	CH 34	CH 35	CH 36	CH 37	CH 38	CH 39
MAXIMO	63,70	64,41	94,10	68,55	65,59	72,32	64,47	57,93	62,76	63,86
MINIMO	29,46	27,36	26,33	26,51	32,42	27,81	29,05	31,55	27,64	21,04
MEDIA	50,25	50,53	57,10	49,81	53,12	54,01	50,03	47,70	49,06	46,57
DESVMED	6,69	7,40	10,94	8,32	6,45	7,69	6,28	4,91	6,53	7,42
	CH 40	CH 41	CH 42	CH 43	CH 44	CH 45	CH 46	CH 47	CH 48	CH 49
MAXIMO	31,29	31,37	38,22	29,91	32,36	31,97	32,50	30,33	32,09	31,60
MINIMO	21,43	21,00	14,54	20,32	21,57	19,16	21,92	23,88	21,98	22,87
MEDIA	26,73	26,44	24,89	25,76	26,76	25,74	27,17	27,52	26,75	27,32
DESVMED	2,17	2,19	4,01	2,10	2,17	2,42	2,20	1,92	2,15	2,18
	CH 50	CH 51	CH 52	CH 53	CH 54	CH 55	CH 56	CH 57	CH 58	CH 59
MAXIMO	34,90	31,00	45,80	30,50	30,20	30,70	30,90	31,00	36,90	
MINIMO	18,30	21,70	11,40	22,90	17,40	22,20	22,90	21,20	17,30	
MEDIA	26,45	26,83	24,28	26,90	26,35	26,67	27,23	26,21	26,84	
DESVMED	3,15	2,75	6,00	2,09	2,34	2,35	2,23	2,85	3,59	

Tabla 4.4. Ejemplo de resumen estadístico de datos. Totalidad de sensores. Septiembre 1994.

Zona cúpula principal.

Medición de temperatura y humedad relativa ambiental. Características:

- Tipo de sensor: Termohigrómetro de tipo capacitivo.
- Situación: Cúpula principal.
- Cota (m): 20 y 26 metros.
- Canal de conexión: Canal-38-48 , Canal-49-49
- Fecha de colocación: Febrero 1994.

Evolución mensual.

La cúpula central constituye un espacio de grandes dimensiones. Situada por encima de la nave principal de la Basílica, este recinto podemos considerarlo como un microclima con un tratamiento termohigrométrico distinto al resto del edificio. Albergar los frescos de A. Palomino y ser a la vez techo del enorme conjunto artístico merece un estudio especial y cuidadoso como en adelante podremos comprobar. Disponíamos de un total de 32 sensores de los cuales dos eran termohigrómetros y el resto termorresistencias Pt-100 situadas en el fresco, cámara intercúpulas, cúpula exterior (tejas) y ambiente propiamente dicho. En este punto sólo nos centraremos en los dos termohigrómetros.

La influencia del ambiente interior con las cargas térmicas propias del edificio (visitantes, velas, iluminación etc.) interfería directamente en la evolución de este espacio. Los valores máximos y mínimos tanto de humedad relativa como de temperatura eran más acusados que en la nave principal, lo cual se traducía en oscilaciones ligeramente más bruscas. Cabe destacar valores mínimos de humedad relativa de 30 %. La posible causa de estas alteraciones puede ser la existencia de una lona que cubría la base de la cúpula y el andamio (evitando de esta forma corrientes de aire) y la extracción forzada de aire que se realizaba por medio de tres conductos situados a distintos niveles creando un verdadero microclima.

Como más adelante tendremos ocasión de ver, las condiciones termohigrométricas de este espacio afectan de forma directa las evoluciones térmicas de la superficie del fresco, motivo principal del control ambiental en esta parte del edificio. La existencia de una cámara intercúpulas proporciona un aislamiento casi perfecto respecto de las condiciones atmosféricas exteriores, mucho más bruscas que las que se desarrollan en el interior de la cúpula. Adjuntamos en la figura 4.34 y 4.35, los gráficos de evolución del ambiente de la cúpula en el periodo de febrero 1994 a marzo 1995, con los valores medios, máximos y mínimos diarios. Canales CH38-48 y CH39-49.

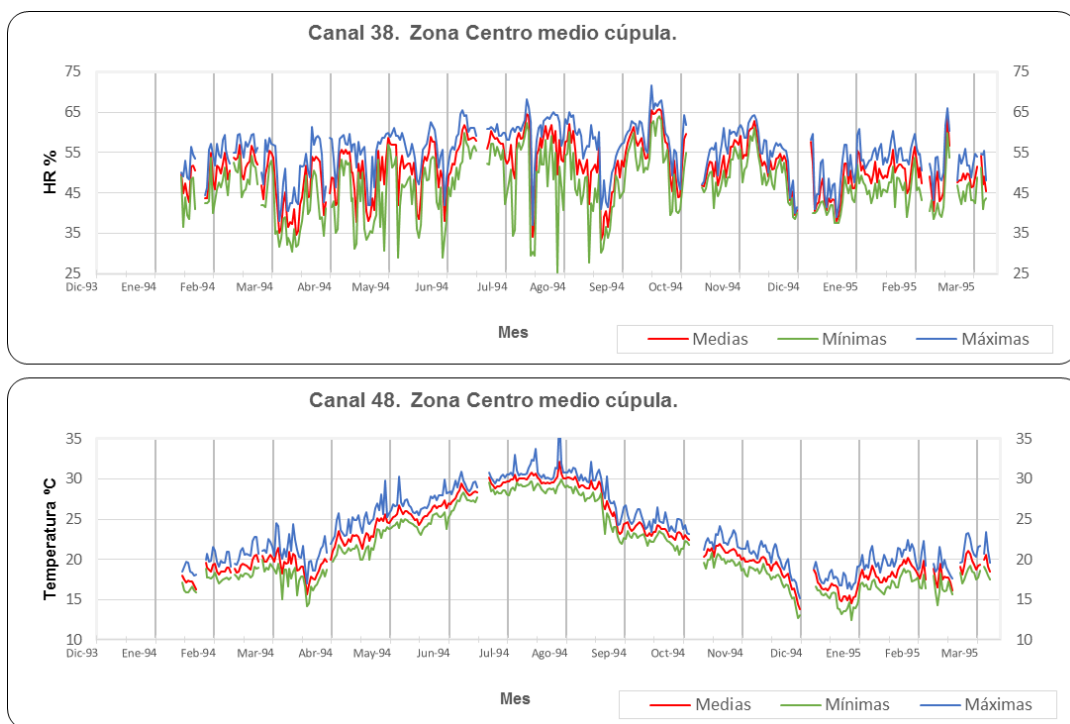


Figura 4.34. Representación gráfica de medias-máximas-mínimas diarias. Canal 38-48. Zona cúpula. Basílica de la Virgen.

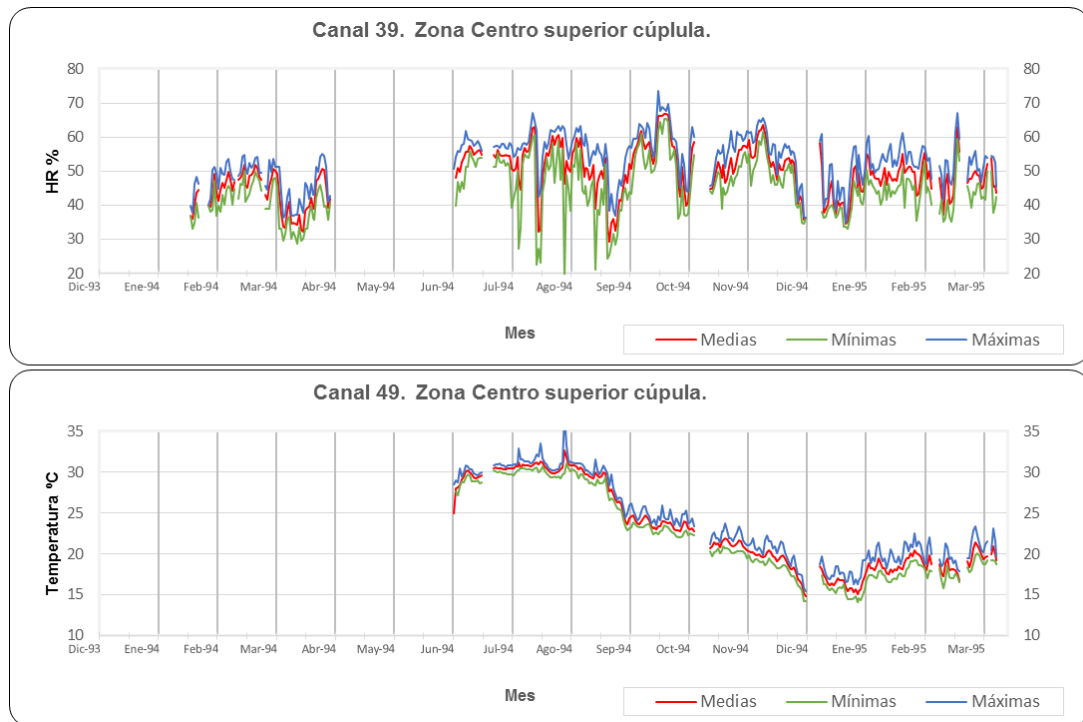


Figura 4.35. Representación gráfica de medias-máximas-mínimas diarias. Canal 39-49. Zona cúpula. Basílica de la Virgen.

Adjuntamos en la tabla 4.5, el resumen de valores medios, máximos y mínimos mensuales de un periodo anual completo desde febrero 1994 a enero 1995.

Canales-38, 48		FEB-94	MAR-94	ABR-94	MAY-94	JUN-94	JUL-94	AGO-94	SEP-94	OCT-94	NOV-94	DIC-94	ENE-95
T ^a	MAXIMO	18.4	24.53	24.35	29.8	30.26	32.99	37.85	32.09	26.5	24.19	22.34	21.68
	MINIMO	13.86	17.02	14.2	19.96	23.07	26.77	28.22	21.98	20.6	17.89	12.71	12.42
	MEDIA	16.38	19.35	19.16	23.43	26.03	29.03	30.1	26.72	23.36	20.76	18.39	16.65
H.R.	MAXIMO	57.15	59.67	61.42	61.22	62.47	65.45	68.19	62.76	71.67	63.37	64.38	60.96
	MINIMO	38.45	34.91	30.41	30.6	28.86	34.33	25.19	27.64	39.46	41.33	38.65	37.57
	MEDIA	49.29	51.96	44.03	49.93	50.16	57.13	56.87	49	56.54	53.39	51.91	46.67

Tabla 4.5. Resumen valores medios-máximos-mínimos mensuales. CH38-38. Zona cúpula. Basílica de la Virgen.

Espacio central.

Medición de temperatura y humedad relativa ambiental. Características:

- Tipo de sensor: Termohigrómetro de tipo capacitivo.
- Situación: Espacio central Basílica.
- Cota (m): 14 metros.
- Canal de conexión: CH-34 , CH-44
- Fecha de colocación: Febrero 1994.

Evolución mensual.

La zona central engloba un espacio muy amplio del conjunto del edificio. Disponíamos de un total de siete sensores, tres termohigrómetros medidores de humedad relativa, y cuatro termorresistencias Pt-100 para medir temperatura ambiente, cubriendo el estudio de lugares como el Altar Mayor, la entrada principal y deambulatorios inferiores. La gran afluencia de feligreses y visitantes así como la existencia de velarios, constituye una importante aportación térmica y de humedad, que unida al efecto de luces y corrientes de aire exterior incontroladas, hacen de este espacio uno de los más desfavorables del edificio. Hay días característicos en los que se producen picos de humedad y temperatura debidos a la masiva entrada de visitantes, por ejemplo el segundo Domingo de mayo (Festividad de la Virgen), semana de las fiestas falleras, etc.

Temperatura: Se registran variaciones de hasta 5 °C en un día. Las oscilaciones de mayor amplitud se producen durante los meses que van de Mayo a Agosto. Durante la 3ª semana de Abril hay un descenso generalizado de las temperaturas repercutiendo en el interior hasta alcanzar mínimas de 14 °C. La tendencia mensual es creciente, pasando de 17 °C en Febrero, 23°C en Julio, hasta 32°C en Agosto, para luego volver a decrecer con la llegada del Otoño y el Invierno.

H.R. A lo largo de los meses entre Febrero y Julio, los valores oscilan alrededor del 50% de H.R. con fluctuaciones de más del 25% el mismo día. En los meses de verano se produce un aumento de humedad situándose el nivel en torno al 60%.

Adjuntamos en la figura 4.36 los gráficos de evolución del ambiente de la zona central en el periodo de febrero 1994 a marzo 1995, con los valores medios, máximos y mínimos diarios de los canales CH34-44.

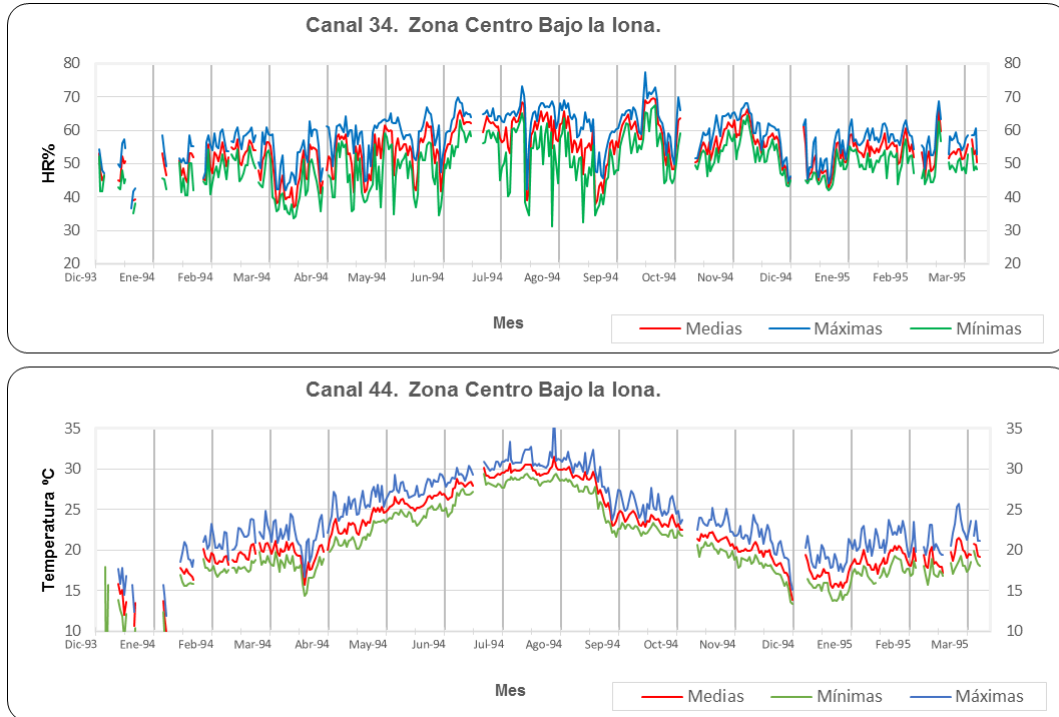


Figura 4.36. Representación gráfica de medias-máximas-mínimas diarias. Canal 34-44. Zona espacio central. Basílica de la Virgen.

Adjuntamos en la tabla 4.6 el resumen de valores medios, máximos y mínimos mensuales de un periodo anual completo desde febrero 1994 a octubre 1994.

CH-34, 44		FEB-94	MAR-94	ABR-94	MAY-94	JUN-94	JUL-94	AGO-94	SEP-94	OCT-94
T^a	MAXIMO	23.27	24.78	24.41	28.02	29.4	33.34	36.36	32.36	27.66
	MINIMO	8.56	16.72	14.37	20.09	23.03	24.74	27.91	21.57	21.49
	MEDIA	16.98	19.45	19.5	23.61	26.03	28.77	29.9	26.73	23.52
H.R.	MAXIMO	58.59	60.9	62.67	64.98	66.81	69.89	73.23	65.59	77.46
	MINIMO	40.45	40.08	33.73	35.83	34.68	40.33	31.23	32.42	44.23
	MEDIA	48.98	53.11	46.01	53.19	53.65	60.95	60.9	53.06	60.42

Tabla 4.6. Resumen valores medios-máximos-mínimos mensuales. CH34-44.

Zona Camarín de la Virgen.

Medición de temperatura y humedad relativa ambiental. Características:

- Tipo de sensor: Termohigrómetro de tipo capacitivo.
- Situación: Camarín de la Virgen.
- Cota (m): 4.5 metros.
- Canal de conexión: Canal-37 , Canal-47
- Fecha de colocación: Febrero 1994.

Evolución mensual.

Como podemos observar en los planos de situación, el Camarín es un espacio relativamente pequeño pero con problemas similares a las estancias estudiadas anteriormente. En este caso la afluencia de feligreses no es demasiado significativa, ya que el Camarín permanece cerrado excepto los días de celebraciones especiales. Disponíamos de un total de tres sensores, un termohigrómetro y dos termorresistencias Pt-100 de superficie situadas sobre el fresco de Llácer en la cúpula, orientadas al norte y al sur de la cúpula pintada. El Camarín está sometido a la influencia del ambiente interior y principalmente a la acción de los agentes atmosféricos que afectan directamente las zonas deterioradas del tambor del cupulín. Un ejemplo de ello son las infiltraciones de agua y el efecto de la radiación solar sobre la cubierta de tejas, sin más protección que el espesor de la misma. Por todo ello, en general las oscilaciones de humedad relativa y temperatura son bastante amortiguadas, debido a la falta de cargas térmicas importantes, corrientes de aire incontroladas etc.

Temperatura: Las temperaturas máximas son del orden de dos a tres grados más bajas que en el espacio central, siendo las mínimas un grado más altas. En valor medio estos valores de T^a difieren muy poco a las registradas en el resto de la Basílica. Cabe destacar el ascenso muy pronunciado de las T^a a partir de Mayo, pasando en pocos meses de valores alrededor de 16 °C a cerca de 28 °C.

H.R.: Los valores máximos son de hasta el 72 %, siendo la media un poco más alta que en el resto de la Basílica de 2 % a 5 % por encima.

Adjuntamos en la figura 4.7 los gráficos de evolución del ambiente del Camarín en el periodo de febrero 1994 a marzo 1995, con los valores medios, máximos y mínimos diarios, de los canales CH37-47.

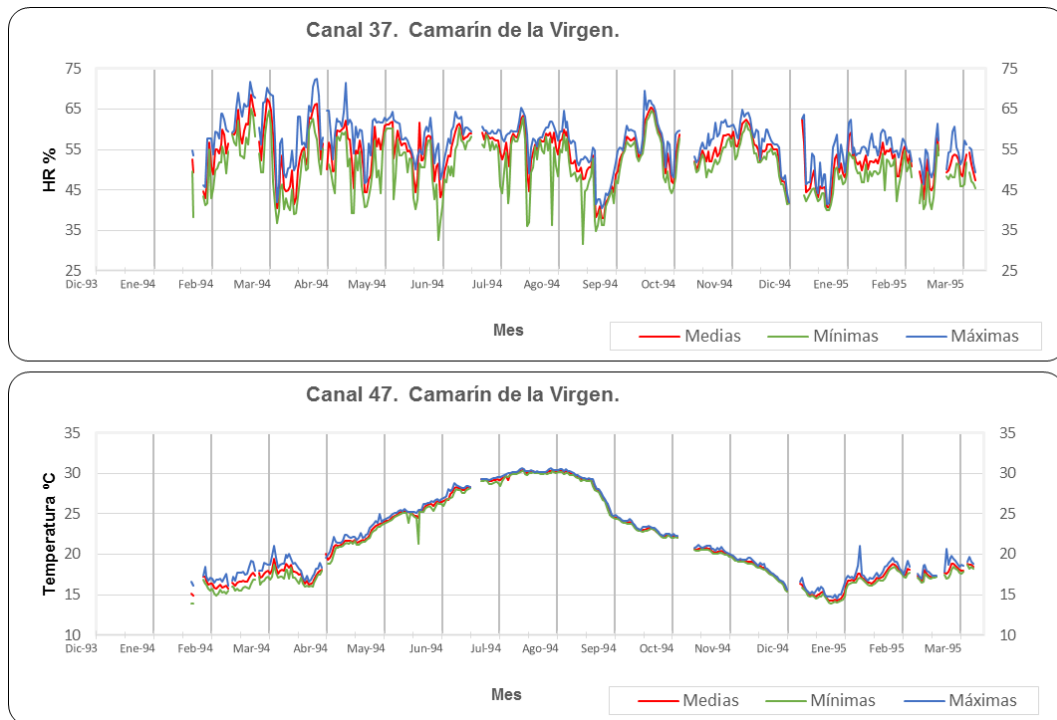


Figura 4.37. Representación gráfica de medias-máximas-mínimas diarias. Canal 37-47.

Adjuntamos en la tabla 4.7 el resumen de valores medios, máximos y mínimos mensuales de un periodo anual completo desde febrero 1994 a enero 1995.

Canales-37, 47		FEB-94	MAR-94	ABR-94	MAY-94	JUN-94	JUL-94	AGO-94	SEP-94	OCT-94	NOV-94	DIC-94	ENE-95
T^a	MAXIMO	19.87	19.86	21.07	24.94	27.22	29.87	30.6	30.27	24.33	21.13	19.59	21
	MINIMO	14.78	14.87	15.95	19.5	21.24	26.88	29.79	23.88	21.98	19.02	15.33	13.94
	MEDIA	17.15	16.78	17.79	22.28	25.54	28.65	30.17	27.50	22.89	20.18	17.95	15.42
H.R.	MAXIMO	44.42	71.79	72.5	71.53	64.43	64.39	65.3	57.93	69.5	64.73	64.13	65.52
	MINIMO	32.26	46.84	36.9	39.35	32.64	41.83	35.98	31.55	44.23	48.08	41.48	38.88
	MEDIA	37.43	60.20	52.58	55.49	53.04	57.33	57.09	47.64	57.14	55.38	54.51	48.98

Tabla 4.7. Resumen valores medios-máximos-mínimos mensuales. CH37-47.

Pintura mural. Frescos del Camarín de la Virgen.

Medición de temperaturas superficiales. Características:

- Tipo de sensor: Termorresistencia de contacto PT-100.
- Situación: Fresco del Camarín de la Virgen.
- Cota (m): 14 metros.
- Canal de conexión: Canal-25 , Canal-57
- Fecha de colocación: Febrero 1994.

Evolución mensual.

Sobre la superficie pintada al fresco de la cúpula que cubre el espacio del Camarín, se situaron dos sensores de temperatura de contacto Pt-100. Se orientaron al Noreste y al Sur-oeste, en busca de diferencias significativas. Los niveles térmicos y su evolución a lo largo de los meses en la superficie de la cúpula, siguen muy de cerca los cambios sufridos por el aire ambiente que baña los frescos. Las temperaturas de contacto son siempre de 1°C a 2°C más bajas que las ambientales, debido principalmente a la inercia térmica del muro y su lento calentamiento y enfriamiento. Las variaciones bruscas a lo largo de un día pueden llegar a los 3°C de diferencia en pocas horas provocando estrés térmico en las superficies con peligro de micro fisuras en la película pictórica.

El deterioro que sufren los frescos de Llácer es causado principalmente por agentes atmosféricos, que atravesando zonas deterioradas del tambor del cupulín, producen infiltraciones de agua. Debido a la fuerza con que incide el agua de lluvia, por acción de la gravedad y a veces impulsada también por el viento, este agua se infiltra en los materiales a través de grietas y fisuras. Al humedecerse el material, las sales que contienen se disuelven en el agua y son transportadas por ella en su movimiento a través del sistema poroso del material, quedando depositadas frecuentemente en su superficie por efecto de la evaporación del agua.

Adjuntamos en la figura 4.38 los gráficos de evolución de las temperaturas superficiales del fresco en el periodo febrero 1994 a marzo 1995, con los valores medios, máximos y mínimos diarios, de los canales CH25-57.

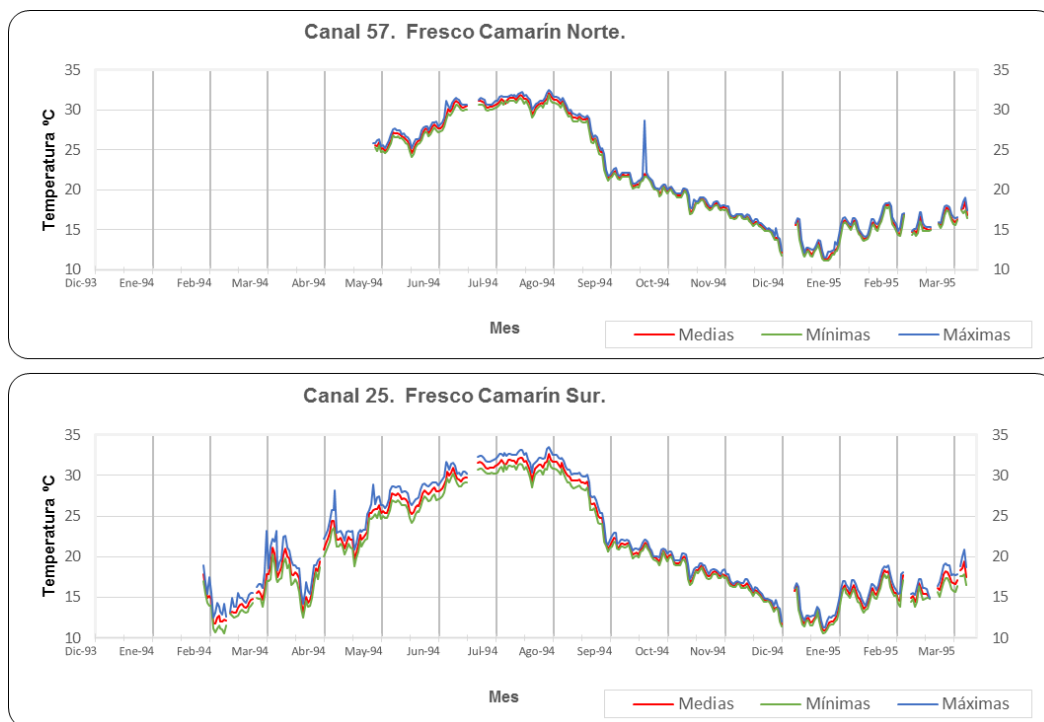


Figura 4.38. Representación gráfica de medias-máximas-mínimas diarias. Canal 25-57.

Adjuntamos en la tabla 4.8 el resumen de valores medios, máximos y mínimos mensuales de un periodo anual completo desde febrero 1994 a enero 1995.

Canales-25, 57		FEB-94	MAR-94	ABR-94	MAY-94	JUN-94	JUL-94	AGO-94	SEP-94	OCT-94	NOV-94	DIC-94	ENE-95
25	MAXIMO	16.9	23.2	23.3	27.4	29.9	32.7	33.5	31.5	22.1	20.4	17.3	17.1
	MINIMO	12	10.6	12.5	18.8	24.2	28.6	28.5	20.6	18.9	16.3	11.4	10.6
	MEDIA	13.40	14.1	18.0	23.3	27.3	30.7	31.4	26.2	20.4	17.97	15.22	13.39
57	MAXIMO				26.4	29	31.8	32.5	31	28.7	20.2	17	16.6
	MINIMO				24.6	24.1	28.8	29.1	21.2	19	16.3	11.8	11.1
	MEDIA				25.3	26.8	30.6	31.1	26.1	20.6	18.0	15.42	13.39

Tabla 4.8. Resumen valores medios-máximos-mínimos mensuales. CH25-57.

4.2.4.2.- Análisis sección de cúpulas

Del análisis de las gráficas de resultados se desprenderán importantes características que definen perfectamente el microclima existente en la cúpula principal. Como importante referencia para este análisis, uno de los puntos de la cúpula principal fue estudiado con especial detenimiento, disponiendo en esta zona de un grupo de sensores situados en la orientación Sur-Este, correspondiente a los siguientes canales: Figura 4.39.

- CH 32-42 Temperatura y HR ambiente exterior.
- CH 01 Temperatura superficial tejas.
- CH 58 Temperatura bajo las tejas.
- CH 50 Temperatura ambiente de la cámara.
- CH 53 Temperatura superficial del fresco.
- CH 38-48 Temperatura y HR ambiente de la cúpula.



Figura 4.39. Sección constructiva de cúpulas y detalle de situación de sensores.
Basílica de la Virgen.

Del análisis de la evolución de los parámetros presentados en las gráficas de la figuras 4.40, 4.41 y 4.42, correspondientes a los sensores situados en la sección de las cúpulas, podemos sacar las siguientes conclusiones:

El período estival se caracteriza por las altas temperaturas y una fuerte radiación solar incidente sobre las cubiertas exteriores. La temperatura de la cámara inter-cúpulas siempre se mantiene por encima de la temperatura superficial del fresco, que se ve influida decisivamente por el ambiente interior de la cúpula. Los cambios bruscos de temperatura exterior se van amortiguando conforme nos adentramos en las capas de la cubierta, siendo los desfases horarios de gran importancia. La cámara en este caso mantiene la temperatura del fresco aislada de estos cambios.

En el período invernal, caracterizado por bajas temperaturas, el comportamiento de la cámara es distinto al anterior. En este caso la temperatura de la misma es siempre inferior a la del fresco, a su vez inferior al ambiente de la cúpula. La temperatura de la cúpula es de 0.5°C a 1 °C más alta que en la superficie pictórica. En invierno, las evoluciones del ambiente interior de la cúpula y en consecuencia de la Basílica, tienen un efecto decisivo en el fresco, quedando la temperatura en la cámara de 1°C a 2 °C por debajo de la temperatura de la superficie pictórica.

Resumiendo, podemos asegurar que tanto en períodos fríos como calurosos, el efecto de la cámara inter-cúpulas es de gran importancia para el mantenimiento de los niveles estables de temperatura del fresco. En el punto dedicado al análisis de la cubierta en el modelo a escala 1:1, analizaremos dicha estructura realizándose varios supuestos prácticos, tanto de condiciones extremas de ambientes interior y exterior, como de soluciones de aislamiento y consolidación arquitectónica.

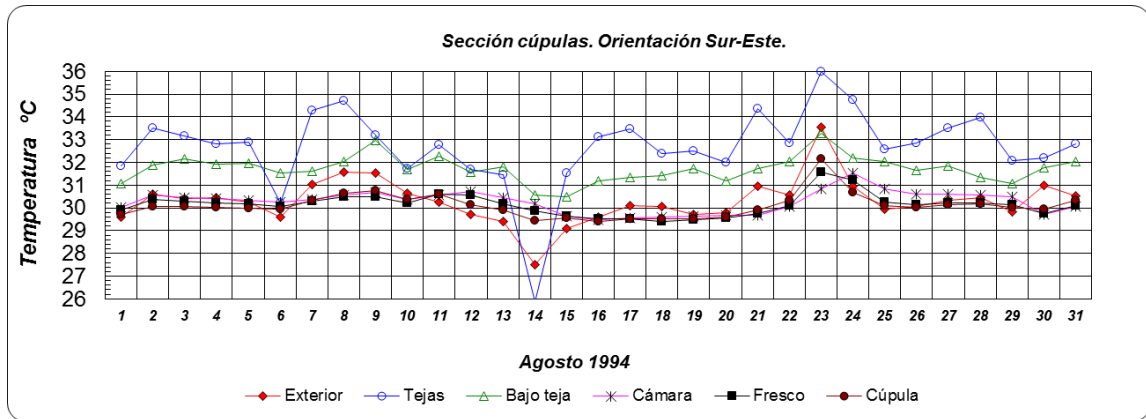


Figura 4.40. Evolución de T^a en sección de cúpulas. Agosto 1994.

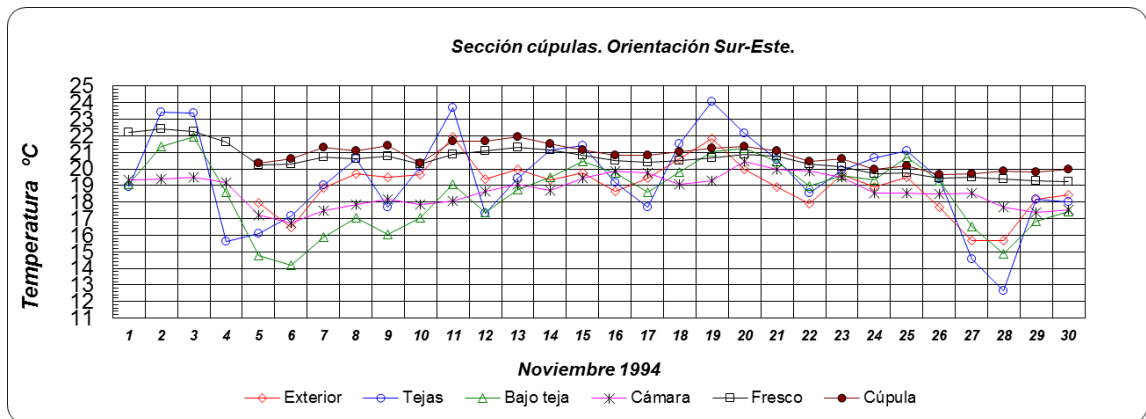


Figura 4.41. Evolución de T^a en sección de cúpulas. Noviembre 1994.

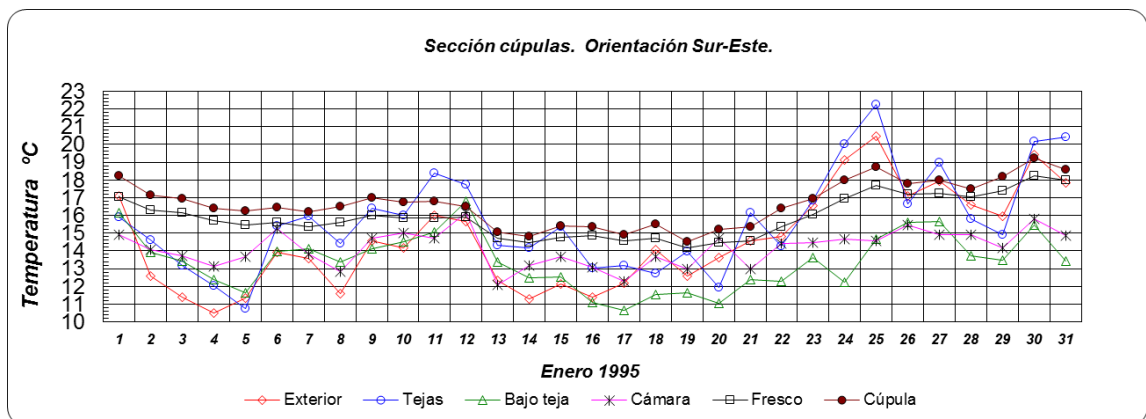


Figura 4.42. Evolución de T^a en sección de cúpulas. Enero 1994.

4.2.4.3.- Efectos de asistencia de visitantes.

Las fluctuaciones ocasionadas por los usos de la Iglesia, deben estudiarse en base a los datos puros, ya que los promedios y tendencias no revelan la evidencia de estos cambios en cortos periodos de tiempo. Estos fenómenos quedan fuera de la influencia del clima exterior, que solo afecta al nivel medio termohigrométrico de la estación del año.

Estos cambios se presentan como picos bruscos de temperatura y de humedad específica, aportados por los feligreses y la apertura de puertas y ventanas. Los efectos que acompañan estos usos además de los ya descritos son: el aumento de la concentración de contaminantes, luces encendidas, introducción de polvo, etc., los cuales provocan una modificación microclimática.

La Basílica de la Virgen por su importancia religiosa y de fervor popular, tiene un horario de apertura al público muy amplio, con un gran número de oficios y celebraciones diarias. Figura 4.43.

El horario de verano comienza el 1 de Julio y termina el 31 de Agosto.

Laborables	Vísperas	Festivos
08:30 +	17:30 + invierno	08:30 +
09:30 + invierno	18:30 +	09:30 +
10:30 +	19:30 +	10:30 +
11:30 + invierno De lunes a viernes	20:30 +	11:30 +
12:30 + verano		12:30 + verano
13:00 + invierno Misa cantada		13:00 + invierno
17:30 + invierno		17:30 + invierno
18:30 +		18:30 +
19:30 + verano		19:30 +
20:30 +		20:30 +

Si no se indica que es en invierno o en verano, es que corresponde a ambos

Figura 4.43. Horario habitual de oficios en la Basílica de la Virgen.

Vamos a analizar en profundidad los efectos sobre el interior de la Basílica un día muy señalado, el de la festividad de la Virgen. La festividad de la Virgen de los Desamparados se celebra cada segundo domingo de mayo. En esta festividad miles de valencianos se vuelcan para rendir homenaje a su Patrona. Vamos a relacionar los actos celebrados en la Basílica, con sus efectos sobre el ambiente interior. Destacan los siguientes actos:

- **Misa de Descubierta.** A las tres de la mañana se abren las puertas de la Basílica, quedando lleno el espacio central. A las cinco se descubre la imagen de la Virgen elevando el telón que la cubre, celebrándose posteriormente la Misa de Descubierta (figura 4.44). El periodo horario corresponde con la zona **C** de las gráficas adjuntas.
- **Misa d'Infants.** A las ocho de la mañana del domingo, en el altar de la Plaza de la Virgen.
- **Trasllat de la Mare de Déu.** A las diez y media comienza el emotivo traslado de la Imagen de la Virgen (Imagen Peregrina), desde la Basílica hasta la Catedral Metropolitana. El periodo horario corresponde con la zona **D** de las gráficas adjuntas.
- La **Misa Pontifical**, a las doce de la mañana, que se celebra ya en la Catedral, al acabar el traslado, presidida por el Arzobispo de Valencia.
- **Processó General.** Ya por la tarde, a las 19 horas, terminando en el Altar Mayor de la Basílica. El periodo horario corresponde con la zona **E** de las gráficas adjuntas.



Figura 4.44. Espacio central de la Basílica después de la Descubierta.

En la gráfica de la figura 4.45, se representa la evolución de la temperatura interior y exterior el sábado 7 y domingo 8 de mayo de 1994, marcando en rojo los periodos de apertura de la Basílica.

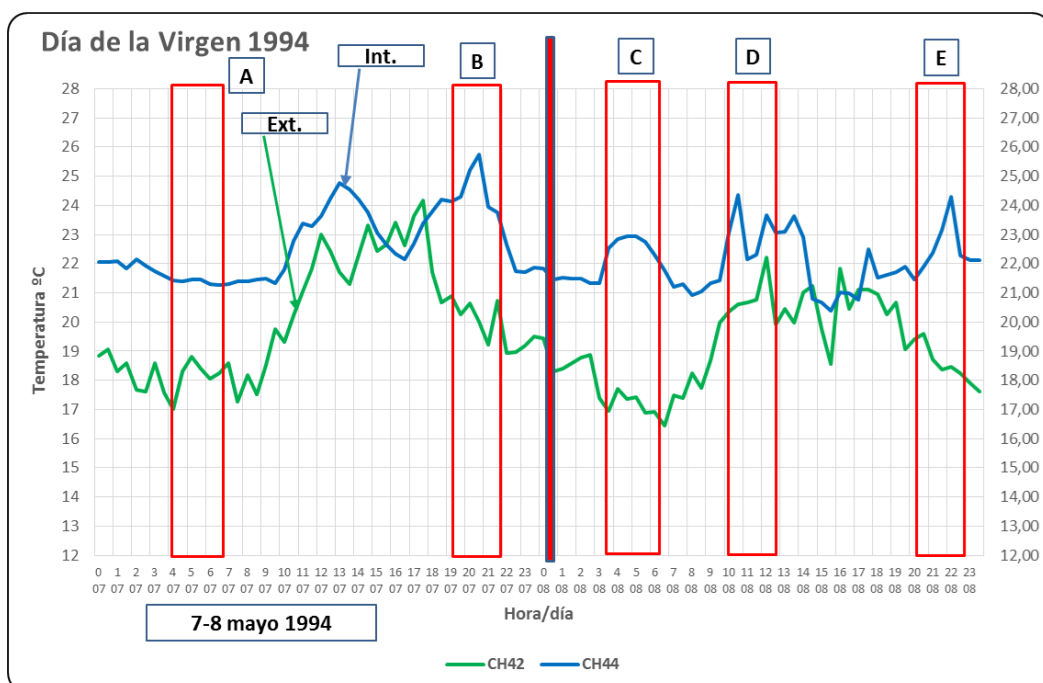


Figura 4.45. Evolución de temperatura exterior e interior. Basílica de la Virgen. 7-8 mayo 1994.

En la gráfica de la figura 4.46, se representa la evolución de la humedad específica interior y exterior en el mismo periodo.

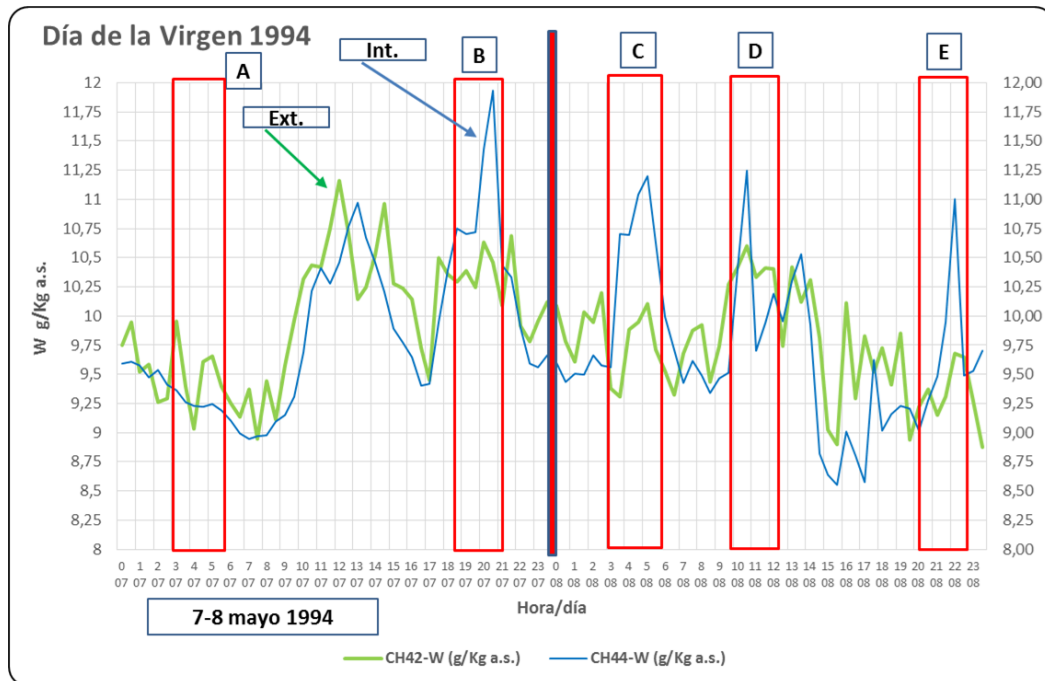


Figura 4.46. Evolución de humedad específica exterior e interior.
Basílica de la Virgen. 7-8 mayo 1994.

En las gráficas se observa un importante aumento, tanto de la temperatura como de la humedad específica del ambiente interior en los periodos de apertura de la Basílica. En la zona **B** tenemos incremento de T^a de 1.5°C y de humedad específica de 1.3 g/Kg a.s. En la zona **C** tenemos incremento de T^a de 1.5°C y de humedad específica de 1.75 g/Kg a.s. En la zona **D** tenemos incremento de T^a de 3°C y de humedad específica de 1.75 g/Kg a.s. En la zona **E** tenemos incremento de T^a de 3°C y de humedad específica de 2 g/Kg a.s.

En el caso más extremo de afluencia de feligreses, con una tasa de ocupación de 1.8 personas/m^2 , con los bancos retirados y dejando la zona central diáfana, se calcula un promedio de 1.010 personas y teniendo en cuenta un volumen estimado del cuerpo central de la Basílica de 9.668 m^3 , el aumento por hora de la humedad

específica puede llegar a alcanzar 4.3 g/Kg a.s. Debemos indicar que no toda ésta humedad queda residente en el ambiente, ya que gran parte se pierde por la tasa de renovación con aire exterior, debido a la apertura de puertas, ventanas y eventualmente las vidrieras. En el mapa térmico de la figura 4.47, señalamos los picos de temperatura que se producen en el ambiente interior de la Basílica los días 7 y 8 de mayo de 1994. Se observa también que durante el mes, los mayores picos de temperatura se localizan en las horas de apertura del edificio por la mañana y por la tarde, existiendo un “valle” en las horas de cierre (14:00h a 16:00h). Todavía son más pronunciados los incrementos correspondientes a los fines de semana.

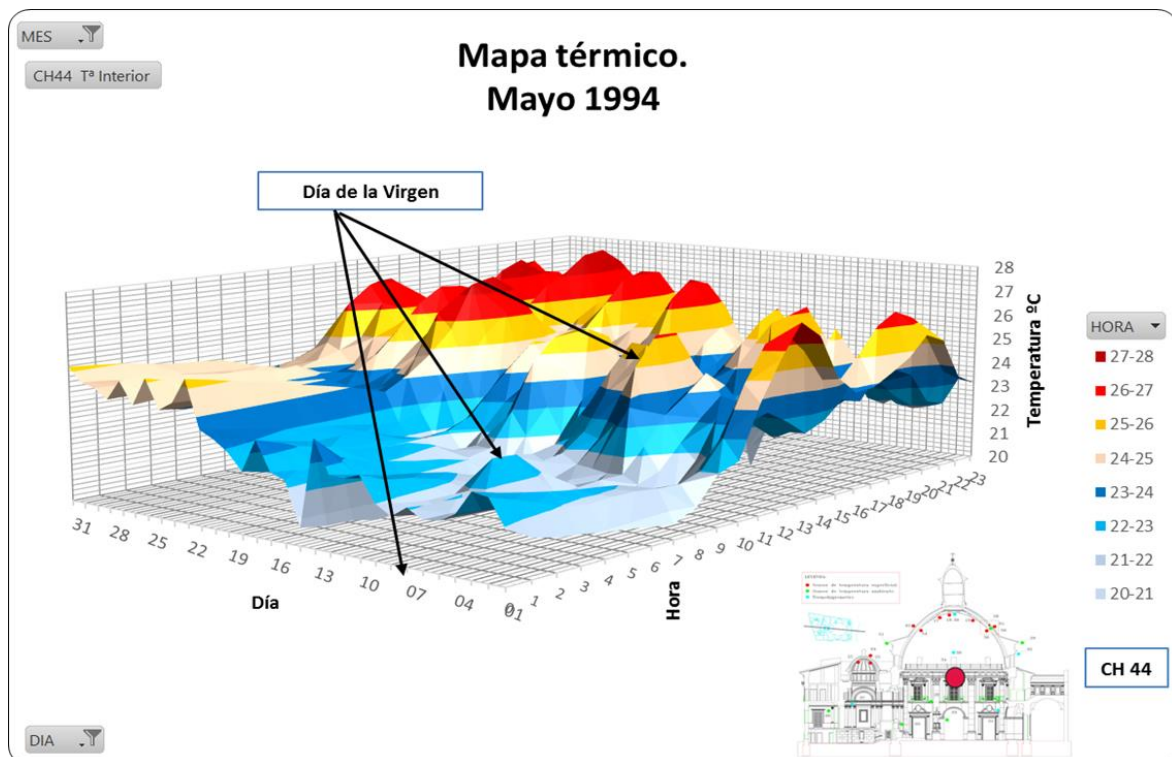


Figura 4.47. Mapa térmico correspondiente a la temperatura de la nave central.
Basílica de la Virgen. Mayo de 1994.

En la figura 4.48, se muestra la plantilla empleada para contabilizar diariamente el grado de ocupación e iluminación de la Basílica, para confeccionar posteriormente mapas que puedan correlacionarse con los datos del sistema de monitorización, y mejorar el análisis de los usos del edificio. Figura 4.49

PROYECTO RESTAURACION-REHABILITACION BASILICA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS						
HOJA DE ASISTENCIA DE FELIGRESES						
DIA <i>Viernes</i>		FECHA /		MES <i>Julio</i>		HOJA N° <i>60</i>
HORA	BASILICA		PASILLOS Y CAPILLAS		LUCES ENCENDIDAS	
8:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
10:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
10:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
12:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
12:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
2:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
4:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
6:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
6:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
8:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
8:00	25%	50%	25%	50%	25%	50%
9:00	75%	100%	75%	100%	75%	100%
VELAS ENCENDIDAS			MEDIODIA 25% 50% 75% 100%		TARDE 25% 50% 75% 100%	
OBSERVACIONES:						
<i>Gracias</i>						
<small>NOTA: Rellenar el boletín marcando con una cruz la cantidad aproximada de feligreses que asisten a los oficios. Para cualquier consulta ponerse en contacto con Quique Vivó (TEL. 9342987)</small>						

Figura 4.48. Hoja diaria de ocupación, iluminación y focos de calor y contaminación.

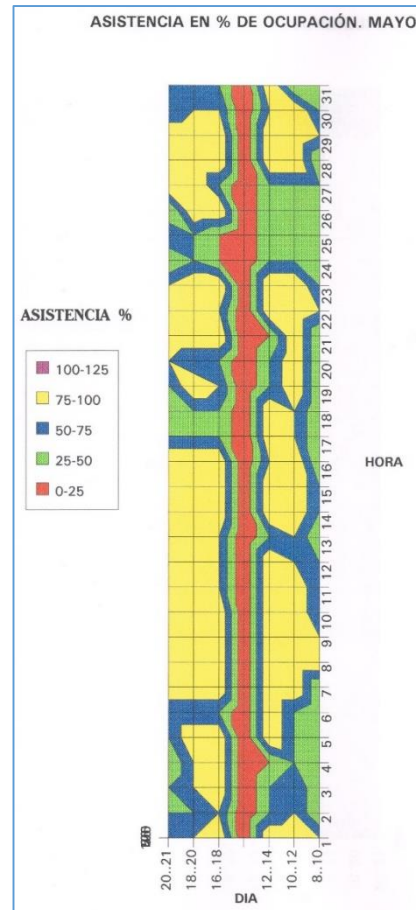


Figura 4.49. Representación gráfica de información de hoja de toma de datos.

Por último incluimos en las tablas 4.9 y 4.10, dos ejemplos de actualización de los datos, empleando la plantilla confeccionada con el resumen estadísticos de los mismos. En este caso corresponden a la temperatura y HR del ambiente interior de mayo de 1994. De esta forma, se facilita en gran medida la interpretación de los datos mensuales obtenidos, con indicaciones de número total de datos, oscilaciones horarias, mini gráficas diarias, histograma de frecuencias, medias, máxima y mínimas (diarias y horarias), etc.

4.2.4.4.- Análisis talleres de restauración.

A lo largo del año 1998 se completó la instalación de la totalidad de los sensores ambientales previstos en los espacios sujetos a estudio dentro del edificio de la Basílica. Los talleres de restauración de pintura de caballete y dorados, constituían un espacio característico y bien definido dentro del edificio. Reunían una serie de factores de gran importancia determinantes del tipo de microclima existente. Se dispuso de un total de cuatro sensores: dos termohigrómetros de tipo capacitivo, una sonda de temperatura ambiente y otra de temperatura superficial, además de lecturas de evolución exterior mediante los sensores dispuestos a tal fin.

Las zonas de trabajo de los equipos de restauración de Pintura de Caballete y Dorados situadas en el deambulatorio superior este, se dotaron además de sensores de temperatura y humedad relativa, de termohigrómetros digitales de pared con la lectura en tiempo real en el mismo elemento, para suministrar una información inmediata a los equipos de restauración de las diversas disciplinas.

En las gráficas de las figuras 4.50, 4.51, 4.52 y 4.53, podemos observar la evolución de los ambientes interiores de las zonas de trabajo a lo largo de meses representativos, julio de 1998 y enero de 1999. En los anexos se incluyen el resto de las gráficas de interés. Los parámetros de temperatura ambiente y humedad relativa están evidentemente influenciados por la presencia de los equipos de trabajo y los correspondientes horarios, si bien los valores de humedad se mantienen dentro de un cierto rango, la temperatura evoluciona de manera más brusca dependiendo de la presencia o no de personal y cargas térmicas de iluminación. En temperatura ambiente se producen variaciones bastante amortiguadas, con valores de 1°C a 2°C más bajos que el resto del edificio, tanto en máximos como en mínimos. La humedad relativa se sitúa en un rango alrededor del 60% durante el mes de julio´98, descendiendo estos valores hasta situarse en el 40% en enero´99.

Julio 1998.

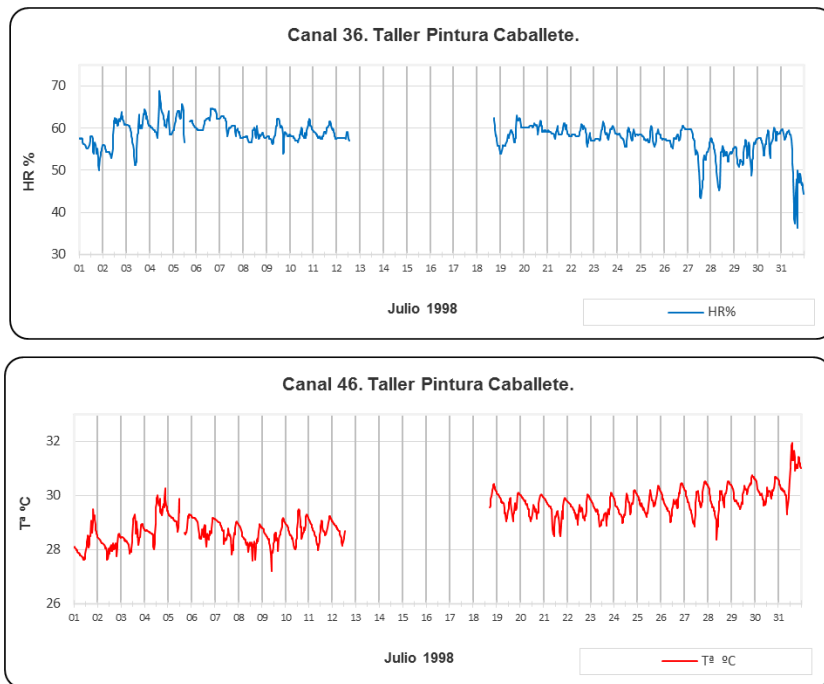


Figura 4.50. Evolución Tª y HR en taller de restauración de pintura de caballete. Julio 1998.



Figura 4.51. Evolución Tª y HR en taller de restauración de dorados. Julio 1998.

Enero 1999.

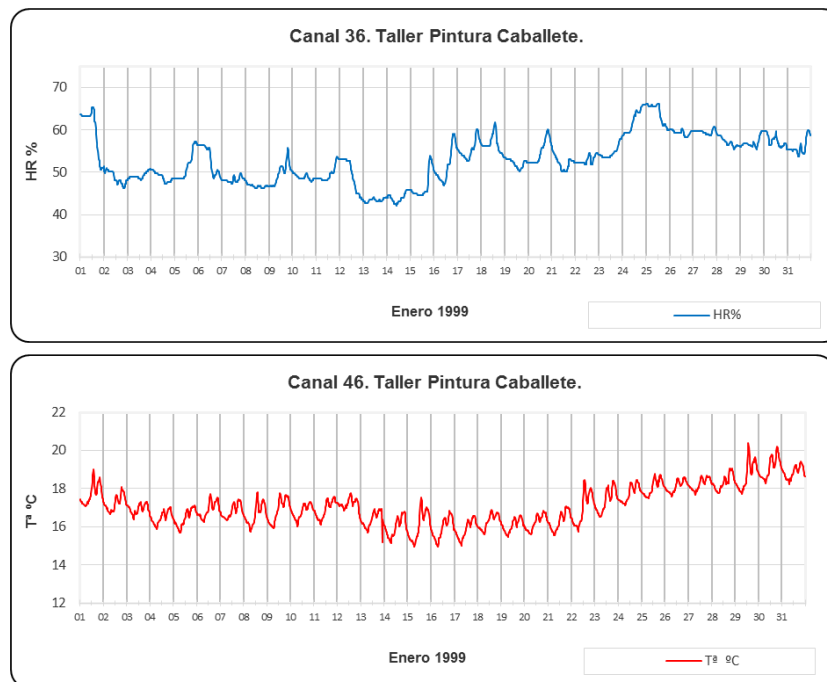


Figura 4.52. Evolución Tª y HR en taller de restauración de pintura de caballete. Enero 1999.

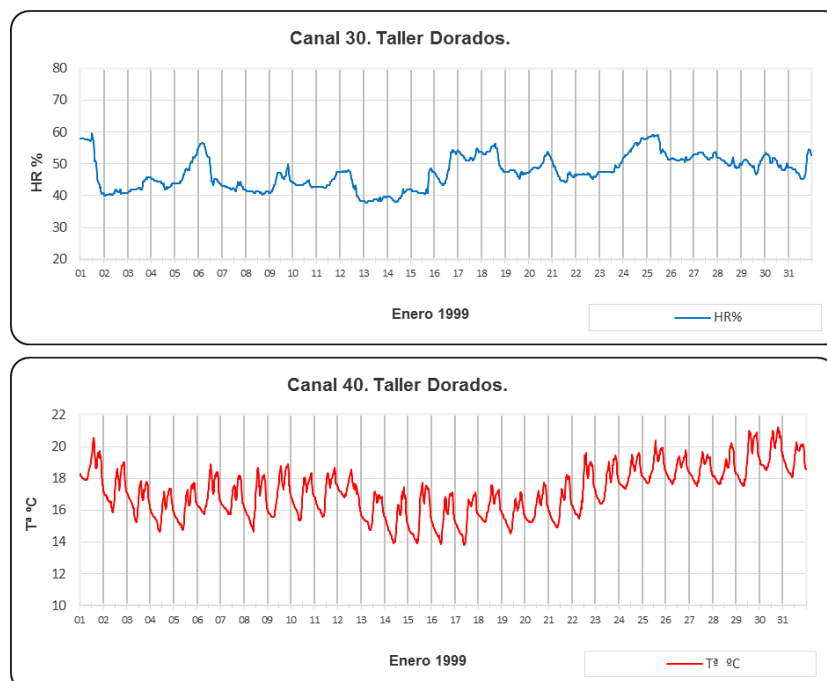


Figura 4.53. Evolución Tª y HR en taller de restauración de dorados. Enero 1999.

4.2.4.5.- Análisis termográfico.

Además de la extensa red de sensores, se realizaron diversos estudios de gran interés con instrumental portátil. Contamos con una cámara de termografía infrarroja Thermovision Infrared Systems 470. La toma de medidas se realizó el día 8 de abril de 1994 de 12:00 a 13:30 horas, desde un edificio próximo a la basílica, distante de la misma unos 55 metros. Figura 4.54. El día era despejado con una fuerte radiación solar, los datos ambientales exteriores eran de 23 °C y 46.9 % de humedad relativa.

La estructura a examen, cúpula exterior, se considera como un sistema termodinámico complejo, por lo tanto, las imágenes termográficas son una combinación de una serie de sucesos termodinámicos que involucra tanto la estructura como el ambiente que la rodea. Figura 4.55 y 4.56. El fenómeno de transmisión de energía en la estructura, está ligado a parámetros físicos del material que la constituye (conductividad térmica interna, calor específico, densidad y difusividad), a la presencia de fenómenos convectivos y a la radiación a la cual se somete el edificio. Además el resultado de un balance energético dinámico y complejo.



Figura 4.54. Cámara de termografía infrarroja Thermovision Infrared Systems 470.

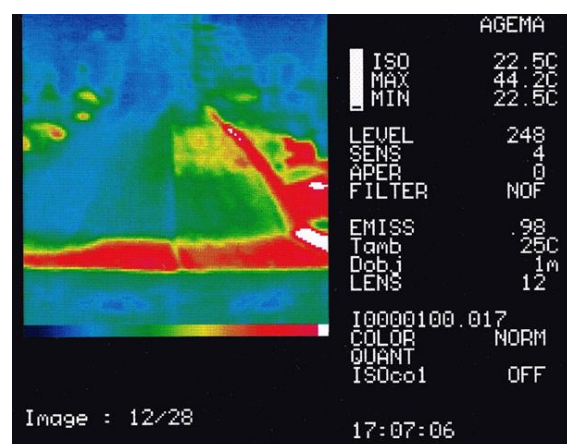


Figura 4.55. Lectura de imagen termográfica de la cúpula principal.

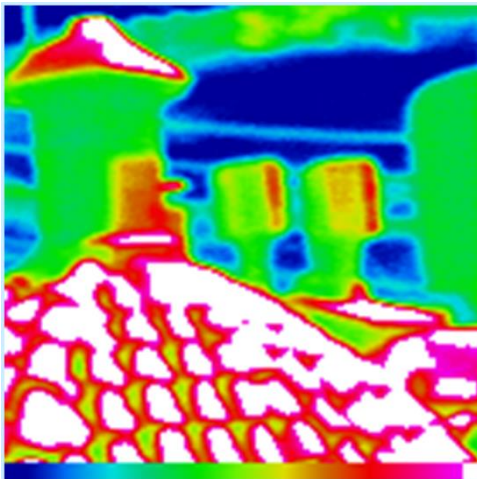


Figura 4.56. Termografía cupulín del Camarín. Basílica.

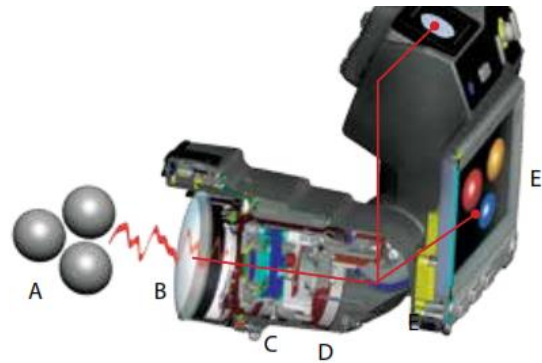


Figura 4.57. Funcionamiento cámara termográfica. (Álava Ing.)

El funcionamiento de una cámara termográfica estándar es el siguiente. La energía infrarroja (A) que irradia un objeto se enfoca con el sistema óptico (B) sobre un detector de infrarrojos (C). El detector envía los datos al sensor electrónico (D) para procesar la imagen. Finalmente, el sensor traduce los datos en una imagen (E), compatible con un monitor de vídeo estándar. Figura 5.57.

Esta técnica no resulta intrusiva ni afecta de ninguna forma al cuerpo a caracterizar, lo que representa una condición muy importante para muchas aplicaciones. La termografía infrarroja es bidimensional, por lo que resulta posible la comparación entre áreas del mismo cuerpo. El programa informático que acompaña a la cámara termográfica permite analizar la imagen térmica, obteniendo así la máxima información posible. Entre las posibilidades existentes dispone de:

- Regulación de la escala de temperaturas.
- Realizar perfiles de temperatura.
- Realizar histogramas de temperaturas.
- Realizar un mosaico de varias termografías.

El análisis de estas imágenes aportó una importante información acerca del mecanismo de intercambio térmico de la estructura. Se puede predecir por ejemplo las zonas de máxima sollicitación térmica o localización de humedades en zonas llamadas de riesgo (de degradación).

La utilidad de este estudio puntual realizado en la Basílica de la Virgen, nos proporcionó una serie de datos sobre la distribución térmica en superficies suficientemente grandes, en intervalos de tiempo breves, de modo que obtenemos revelaciones prácticamente instantáneas desde el punto de vista de la variación térmica

. Los niveles de temperatura superficial detectada en las tejas de la cúpula principal a través de las ocho termorresistencias PT-100, tienen una espléndida base de comparación y correlación con el estudio termográfico realizado.

En la figura 4.48, se representa el mapa térmico confeccionado con los datos de los sensores situados sobre las tejas exteriores de la bóveda principal, confirmando su validez con los datos obtenidos de su imagen termográfica el mismo día, a las horas de máxima insolación.

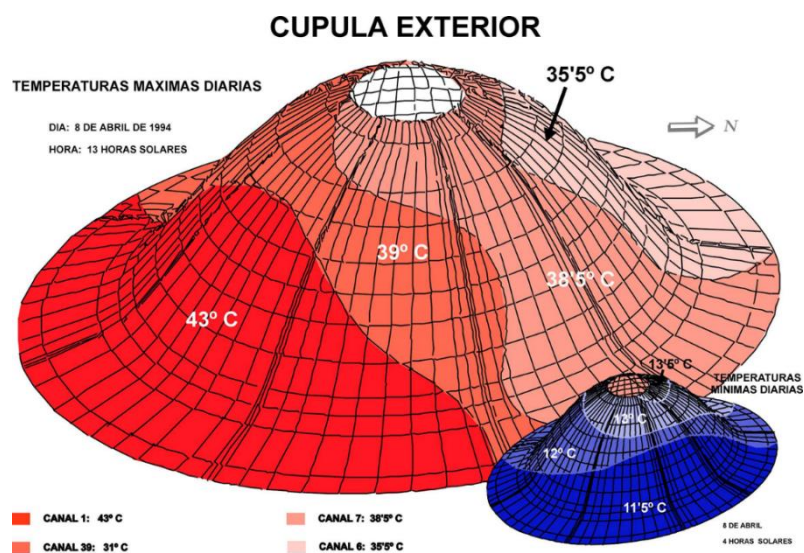


Figura 4.58. Mapa térmico de distribución de temperaturas sobre superficie de tejas.

4.2.5.- Conclusiones.

Conservación de pintura mural.

Los estudios previos de temperatura y de movimientos de aire en el interior de la cúpula nos indican un flujo ascendente de aire caliente, conteniendo una gran cantidad de partículas en suspensión. Durante este proceso, sobre la superficie pictórica, se depositan las partículas, produciendo una capa de suciedad. El aire al contactar con la superficie pictórica provoca un calentamiento diferencial conforme nos adentramos en profundidad en el material. Las consecuencias son el estrés térmico de la superficie, su posible micro fragmentación y una evaporación forzada a lo largo de los diferentes estratos. Con el tiempo, la situación se normaliza cuando el resto del material se calienta. Con el posterior enfriamiento se produce una reabsorción de vapor de agua, con condensación en el microporo repitiéndose el ciclo de nuevo.

La conservación preventiva de los frescos, requiere un máximo de estabilidad, para lo cual, la temperatura y humedad del aire que baña las superficies debería ser mantenida a un nivel constante durante todo el año, ya que las grandes oscilaciones permiten que el enlucido poroso aspire y despidan vapor de agua, pudiendo provocar graves deterioros. Los niveles óptimos de humedad relativa deberían estabilizarse entre el 50% y 55%, a la vez que la temperatura de rocío del aire se mantiene 10°C por debajo de la temperatura seca del ambiente.

La temperatura también deberá ser estabilizada, pero se debería permitir que descienda gradualmente a medida que las estaciones cambien. Esto minimizaría las diferencias totales de temperatura sobre las paredes, reduciendo el esfuerzo térmico sobre la superficie del fresco. La temperatura seca debe dejarse oscilar entre 20°C en invierno y un máximo de 25°C en verano. El tratamiento y difusión del aire debería realizarse de forma que la temperatura de la superficie de los frescos no difiera en más de 1°C sobre la temperatura ambiente.

4.2.6.- Propuesta de acciones.

Realizada la evaluación de las condiciones microclimáticas en las diferentes dependencias de la Basílica, a lo largo de los diferentes periodos de medición (1994 a 2000), y atendiendo principalmente al estado de conservación presente y futura de los frescos de A. Palomino de la cúpula principal, entre las propuestas principales para atenuar los procesos de degradación antes descritos, destacan:

1 - El calentamiento del ambiente durante el invierno se debería realizar con un control tanto de humedad como de temperatura. El mantenimiento de una cierta temperatura provoca un fuerte gradiente y flujo de calor y vapor atravesando las paredes. Como consecuencia de esta situación se produce una deshidratación del fresco en el período invernal con un flujo de vapor desde el interior de la pared hacia el ambiente y una fuerte recuperación de vapor en primavera con una profunda penetración en el fresco de aire húmedo.

Hay que tener siempre presente, que la cantidad de agua contenida en la pared depende del valor ambiental de la humedad relativa, por lo cual, las variaciones de esta última provocan hidrataciones y deshidrataciones del fresco, y deposición de partículas como se comentó anteriormente. Una solución óptima pasa por el amortiguamiento de las oscilaciones diarias y reduciendo en lo posible las estacionales, de modo que no se creen excesivas diferencias entre las características medias del ambiente interno y de la atmósfera externa. La onda estacional, siendo más lenta que la diaria, permite a la estructura el variar suavemente las propias condiciones de régimen, sin causar equilibrios bruscos, como sucede en las variaciones periódicas diarias.

2 - Sistema de iluminación. El tipo y la potencia de las luces que se empleen en el interior del edificio se detallarán en los capítulos elaborados al respecto por otros grupos de trabajo. A efectos de control termo-higrométrico los parámetros a analizar serían el número y tipo de lámparas y el calor disipado por las mismas, así como el calentamiento directo por radiación sobre las superficies pictóricas. Deberían

instalarse equipos de iluminación de última generación con importantes ventajas tanto en eficiencia energética, como de baja disipación de calor al ambiente.

3 - Afluencia de visitantes. Este es uno de los principales y más delicados problemas. La afluencia de visitantes y feligreses resulta a menudo excesivo para el ambiente. En nuestro caso no se puede de ningún modo restringir la entrada de público, ya que los actos religiosos son continuos a lo largo del día, llegando a 22 celebraciones diarias y con días de festividades especiales donde la afluencia de visitantes es enorme.

4 - Polvo. Se ha detectado una elevada concentración de partículas durante los períodos de afluencia de visitantes, incrementado por la apertura continua de puertas de acceso al Templo.

4.2.6.1.-Condicionantes y soluciones posibles.

Las soluciones al problema plantean varias dificultades que deben considerarse como condiciones, y que de modo general se exponen.

En el diseño del sistema de climatización, el aire tratado introducido en el recinto debe estar exento de partículas contaminantes que ensucien o alteren los materiales que componen la ornamentación del recinto. El sistema dispondrá de filtros adecuados capaces de retener las partículas submicrónicas. Se aconseja que el sistema de acondicionamiento sea con todo aire exterior, es decir que se renuncia a la recirculación del aire interno, siendo todo el aire impulsado extraído al exterior. El aire introducido en el recinto debe tener unas condiciones de temperatura y contenido de vapor (humedad absoluta), precisos para que al entrar en contacto con el aire ambiente, y en su homogeneización final, no produzca efectos destructivos o degradantes en las superficies a tratar. Para la determinación de las condiciones óptimas, tendremos en cuenta lo siguiente:

1.- Consideramos la temperatura superficial del fresco (T_f) como la temperatura base del proyecto.

- Esta temperatura deberemos mantenerla con alteraciones máximas entre $+1^\circ\text{C}$ y -1°C a lo largo de todo el año, es decir entre la estación de Invierno (referencia enero) y la estación de Verano (referencia agosto).
- Las variaciones permitidas máximas en un día deben no superar los $\pm 0'25^\circ\text{C}$.

2.- La temperatura seca (T_{sa}) del aire en la cúpula debe ser, como máximo 1°C por encima de la temperatura del fresco. Evitando procesos de deposición termoforética, relacionada con el gradiente térmico que causa el transporte de partículas hacia zonas de la superficie más frías.

$$T_{sa} = T_f + 1^\circ\text{C}$$

3.- La temperatura de rocío del aire de la cúpula debe ser 10°C inferior a la del fresco, para evitar la posibilidad de condensaciones en la superficie de las pinturas.

$$T_{ra} = T_f - 10^\circ\text{C}$$

4.- Para la determinación del caudal del aire que debemos impulsar, nos ponemos las siguientes condiciones:

- La diferencia de temperatura seca entre el aire de la cúpula (T_{sa}), y el de impulsión (T_{si}) será muy pequeña (2°C)

$$T_{si} = T_{sa} - 2^\circ\text{C}$$

$$T_{si} = T_f - 1^\circ\text{C}$$

- El caudal de aire debe ser tal que se produzcan un mínimo de cinco o seis renovaciones/hora del aire de la cúpula. La impulsión de aire se realizará por debajo de los huecos de las vidrieras situadas en el tambor, extrayendo el aire por la planta baja, consiguiendo sobre presionar el volumen de aire de la cúpula, evitando corrientes ascendentes de aire sin tratar. De esta manera se evita además el aporte de contaminantes hacia la cúpula desde la zona inferior. Figura 4.59.

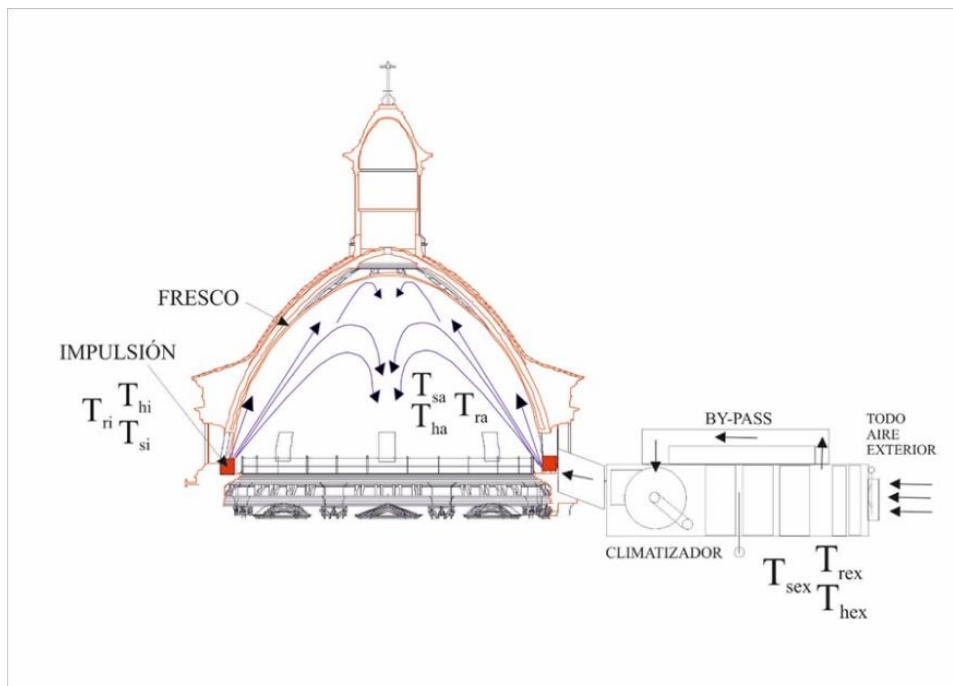


Figura 4.59. Diagrama de tratamiento y difusión de aire en cúpula principal. Basílica.

5.- Las cargas térmicas (pérdidas en invierno, ganancias en verano) quedarán absorbidas en el intercambio de calor que se produzca en la mezcla del aire de impulsión con el ambiente por lo que se prestará especial atención en que la difusión tenga una adecuada inducción, y que la mezcla se efectúe en un corto espacio recorrido y por supuesto evitando velocidades residuales superiores a 0'1 m/s en la superficie del fresco, minimizando la incidencia directa de la vena de aire contra la superficie de los mismos, para evitar la deposición de partículas por impactación inercial.

4.2.6.3.- Condiciones en temporada invernal. Psicrométrico B.

Como hemos advertido las condiciones del aire del ambiente (T_{sa} , T_{ha} , T_{ra}), quedan definidas por la temperatura del fresco (T_f) en torno al cual debe discurrir todo el proyecto, siendo $T_{sa} \cong T_f + 1^\circ\text{C}$, así como se mantiene el criterio de admitir una temperatura de rocío del aire T_{ra} , 10°C por debajo de la temperatura del fresco ($T_{ra} = T_f - 10^\circ\text{C}$). El problema en invierno se presenta en las características del aire exterior excesivamente frío y con poco contenido de vapor de agua. Si deseamos alcanzar una impulsión de aire con las condiciones (T_{si} , T_{hi} , T_{ri}) del punto (I) que compensen las pérdidas de calor y el incremento de humedad interior, será preciso someter el aire exterior a un precalentamiento, y a una posterior humidificación. El ajuste en las condiciones de descarga de aire se consigue con la compuerta by-pass, mezclando una porción de aire filtrado sin tratar, con otra de aire tratado. (Figura 4.61)

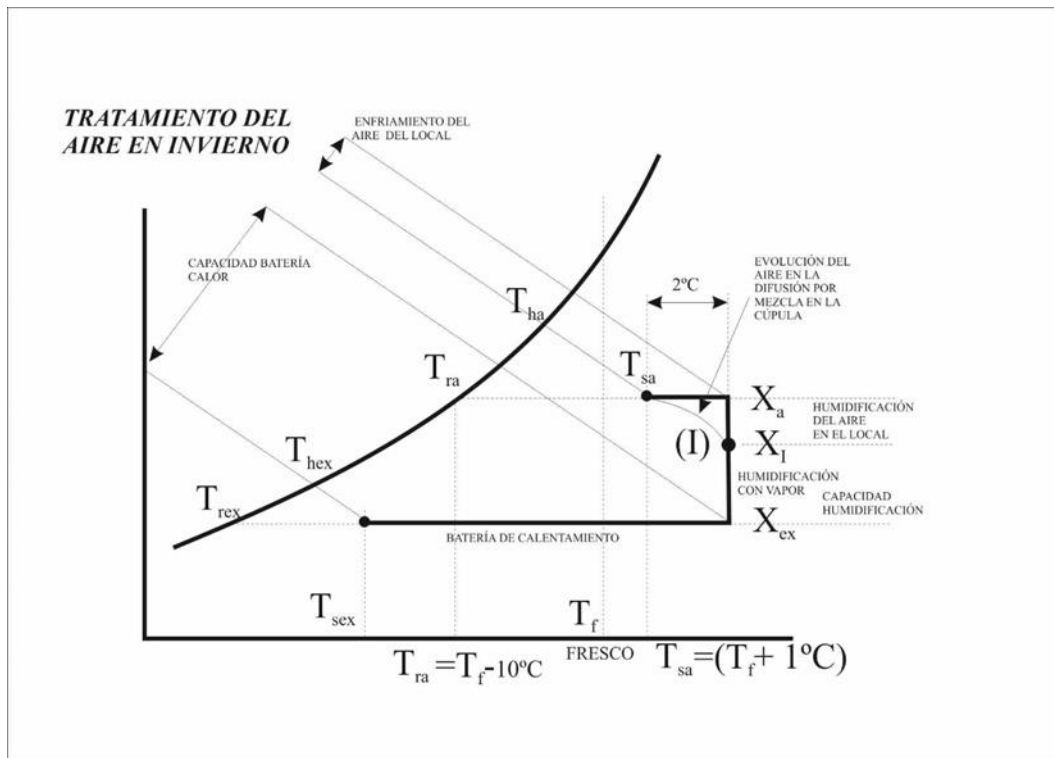


Figura 4.61. Cálculo de condiciones de impulsión de aire en periodo estival.

Basílica de la Virgen.

4.2.6.4.- Propuesta básica de climatización.

El sistema de climatización dispondrá de un control de temperatura y humedad. Como consecuencia, el equipo llevará batería fría para deshumidificar, baterías calientes para poscalentar y humidificadores para aumentar el vapor de agua cuando se precise. Esta condición a su vez nos lleva a la necesidad de utilizar simultáneamente focos fríos y calientes.

Distribución del aire.

El sistema de distribución del aire presenta múltiples desafíos tales como la difusión del aire, corrientes y velocidades efectivas, ruido y el mayor de todos es el referente al sistema de impulsión y extracción, que deben quedar ocultos, así como los conductos que deben discurrir por huecos y espacios existentes sin efectuar alteraciones en la ornamentación, ni provocar interferencias estéticas con el entorno.

Propuestas:

- a) Impulsar el 70% del caudal total del aire por debajo de las ventanas situadas inmediatamente debajo de la cúpula, en el tambor, aprovechando el espacio existente entre la vidriera y el alféizar de la ventana.

- b) Limitar la velocidad de descarga a 2.5 m/seg, para evitar elevadas inducciones

- c) Instalación de silenciadores, tanto en los conductos de impulsión como en los de extracción de modo que garanticen niveles acústicos por debajo de 25db.

Sistema de climatización elegido.

Como se ha comentado anteriormente, el aire impulsado al recinto es tomado directamente del exterior, y después de ser tratado se introduce al local a través de

conductos de baja velocidad. El aire introducido desplaza el ya existente hacia las tomas de extracción, que a través de ventiladores de extracción lo evacuarán al exterior, así como se desplazará hacia los locales anexos con aperturas al exterior donde, debido a la diferencia de presiones, se forzarán de nuevo la salida de dicho aire.

Sistema de producción de frío y calor.

Para el conjunto global de la Basílica, se elige para la producción de FRÍO un sistema AGUA / AIRE, dadas las pocas o nulas posibilidades de disponer de agua para la condensación, por pozo, o acometida urbana, y el enorme consumo que este sistema representa.

Así pues se propone un sistema centralizado agua / aire con equipos modulares, que permiten la ampliación en la medida que se produzcan nuevas necesidades. En esta primera fase se instalará un módulo agua / aire, que cubra las necesidades máximas de la climatización del Camarín y Cúpula principal, con espacio reservado para el resto de las unidades. Para la producción de CALOR, hemos de argumentar la necesidad de producir simultáneamente FRÍO y CALOR, lo cual nos obliga un sistema combinado de BOMBA DE CALOR con producción de FRÍO por algunas unidades y CALOR por otras. En esta primera fase y por razones obvias, no es posible con una sola máquina producir agua fría y caliente, por lo que se impone producir el calor por resistencias eléctricas (efecto JOULE).

De cualquier modo, la producción de calor puede estar condicionada por la carga necesaria y que por su elevado calor interno, se prevé muy inferior a las necesidades de frío, haciendo poco justificable la BOMBA DE CALOR, frente al calor producido por efecto Joule.

Ubicación de la central de frío-calor y climatizador.

La central térmica se propone instalada en la terraza existente y oculta a la vista desde el exterior, diseñándose el local técnico, de modo que no se transmitan ni vibraciones ni ruidos a las estancias de la Basílica. Se prevé la construcción de un casetón con paneles insonorizantes que permitan la ubicación de la central de frío con tomas y descargas de aire acústicas. Para su instalación se emplearán todos los medios conocidos atenuadores de vibraciones y ruidos. El climatizador vendrá construido con paneles acústicos de modo que el ruido hacia el exterior sea muy pequeño. No obstante se cuenta con la posibilidad de insonorizar el cuarto de máquinas según el impacto sobre el resto del edificio.

Controles.

Por razones obvias, toda la instalación dispondrá de un sistema de control digital de temperatura, humedad, estado de filtros, diagnosis de averías etc., del tipo proporcional integral compatible con sondas universales y ordenadores de gestión centralizada. A su vez el sistema de medición y toma de datos UL-100 instalado actualmente, seguirá con su función de seguimiento y análisis de las variables de temperatura y humedad relativa, existiendo la posibilidad de interconexión entre ambos sistemas UL-100 y control del Climatizador.

Además deberemos tener en cuenta de forma general las siguientes premisas:

- Dimensionar el sistema de acondicionamiento de aire para contrarrestar la máxima afluencia de visitantes y feligreses, así como la carga térmica de las fuentes de iluminación.
- Proyectar el sistema de filtrado de contaminantes del aire tanto para la eliminación de materia particulada como de gases contaminantes (O₃, SO₂, NO_x, etc.).

- Mantener de forma precisa la humedad relativa en rangos de fluctuación estrechos, definidos en cada caso particular por el técnico conservador y el especialista en instalaciones de climatización.
- Capacidad de funcionamiento del sistema las 24 horas del día.

4.3.- Análisis específico en modelo escala 1:1 de cúpulas. Basílica de la Virgen de Valencia.

4.3.1- Introducción

Dentro de los trabajos para la restauración-rehabilitación integral del edificio de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia, se planteó por parte de la Dirección Facultativa y del equipo de intervención arquitectónica, coordinado por D. Ignacio Bosch, el estudio en profundidad de las posibles situaciones de riesgo de deterioro sobre las pinturas murales del conjunto de las cúpulas, debido a:

- Variaciones de contenidos de humedad del ambiente exterior e interior y la posibilidad de aparición de condensaciones en la superficie pictórica.
- Los aportes de humedad a los elementos constructivos, como consecuencia de las soluciones planteadas en el proyecto de intervención arquitectónica para el refuerzo de las cúpulas, con la introducción de materiales consolidantes en los espacios intercúpulas.

La Dirección Facultativa de dichas obras encargó al Dpto. de Termodinámica Aplicada de la UPV la redacción de un informe, partiendo de los ensayos que se detallan más abajo. El equipo formado por el Dr. J. M. Pinazo, A. García, G. Piquetto y E. Vivó, llevaron a cabo dicho ensayo durante los meses de junio y julio del año 2000. Este estudio nos reportaría valiosa información acerca del comportamiento

higrotérmico del modelo de la cúpula de la Basílica de la Virgen. Del informe completo elaborado por el equipo, extraemos los datos más significativos.

El objetivo era analizar sobre un modelo real a escala 1:1 de una zona de las cúpulas, el comportamiento termohigrométrico de los distintos elementos que las componen, ante las peores condiciones previsibles a efectos de condensación interior y con la aplicación de las distintas opciones de consolidación y/o aislamiento con gradientes de temperatura extremos más probables. Desde el principio, en las diferentes fases del proyecto de rehabilitación del edificio, se consideró que todas las actuaciones realizadas, debían servir para consolidar y mantener la composición pictórica de Antonio Palomino. Se estableció por ello la no alteración de la pintura como condición imprescindible de actuación (Bosch, 2006).

Para la obtención de la información precisa antes de las actuaciones proyectadas, se construyeron dos modelos a escala 1:1, de parte de las cúpulas, para realizar sobre ellos todos los ensayos necesarios. El modelo que se empleó para el estudio que nos ocupa, reproduce con toda fidelidad los materiales, dimensiones, acabados y situación de deterioro de las cúpulas.

Para nuestro estudio específico, se dispuso de un sistema de cerramientos, sobre el modelo escala 1:1, que delimitan unos espacios en los que se podían controlar las condiciones de temperatura y humedad deseadas tanto exteriores como interiores, generadas por los equipos adecuados y recogiendo la información de los valores obtenidos para su posterior análisis y elaboración de conclusiones. Seguidamente describiremos el modelo, los equipos utilizados y los ensayos programados. Los estudios sobre este modelo se extendieron a varios de equipos de investigación, tales como colorimetría, físico-químico, etc.

4.3.2- Equipos utilizados y descripción de ensayos

Como se ha comentado, se realizó un modelo a escala 1:1 de una parte de las cúpulas que albergan las pinturas murales sometidas a estudio. Este modelo fue realizado por los técnicos del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales en sus talleres de la Facultad de Bella Artes situados en el Campus de Vera de la U.P.V. El modelo comprende tres espacios bien diferenciados: ambiente interior, ambiente exterior e intercúpulas. En los dos primeros se controla la evolución de la temperatura y humedad relativa del aire contenido.

La delimitación de los espacios se realizó mediante paneles aislantes de fibra de vidrio, de 25 mm de espesor, con acabado en aluminio en su cara interior. El sellado de juntas, para asegurar una buena estanqueidad, se efectuó con cinta de aluminio adhesiva, venda de escayola y espuma de poliuretano inyectada. Figura 4.62 y 4.63. El espacio de ambiente exterior tenía un volumen de aproximadamente 2 m³, el ambiente interior era de mayor volumen 8 m³, para permitir el paso a su interior de los técnicos de los diferentes equipos para la toma de medidas sobre las pinturas murales (colorimetría, extensómetros, análisis físico-químico, etc.).



Figura 4.62. Visión de parte del aislamiento térmico y sistema de climatización.



Figura 4.63. Ordenador de control del sistema de adquisición de datos del equipo del Dpto. Termodinámica.

Describimos a continuación los equipos y material empleado en la instalación del sistema de acondicionamiento de aire y monitorización de temperaturas del modelo 1:1:

- 20 sondas de temperatura seca / húmeda formadas por termopares tipo K, aislados con teflón y con par trenzado de longitud 6 m.
- Sistema de adquisición de datos HP 34970A, con veinte canales de entrada, configurado para barrido de lecturas cada cinco minutos y volcado de datos a ordenador, tipo PC, por línea de comunicaciones.
- Ordenador tipo PC y tarjeta de interconexión HPIB con el sistema de adquisición.
- Equipo para enfriamiento de aire, tipo unibloc, marca Keyfrost, modelo KBA 08 TNE, con una potencia frigorífica de 450 w.
- Termoconvector eléctrico, tipo turbo, marca OMAS, con una potencia calorífica de 2.000 w.
- Humidificador para producción de vapor por electrolisis, marca ICO, con producción máxima 1 kg/h.
- Termostato de ambiente con bulbo a distancia, marca SONDER, modelo FD96, con un diferencial de 1 °C en el rango de medida 5-40°C.
- Humidostato ambiente, marca Johnson Controls, modelo W43C, con un diferencial de 4 % en un rango de 0 a 90 %.

En la figura 4.65 se representa la localización de los puntos de medida en la sección del modelo, con la distribución de los distintos tipos de sensores de temperatura húmeda y temperatura seca, así como su numeración.

En la figura 4.66 se representan los alzados y secciones del modelo 1:1 con las diferentes capas y espacios destinados a la prueba de consolidantes, así como la localización de los puntos de medida sobre la pintura mural para determinar el contenido de humedad del material.

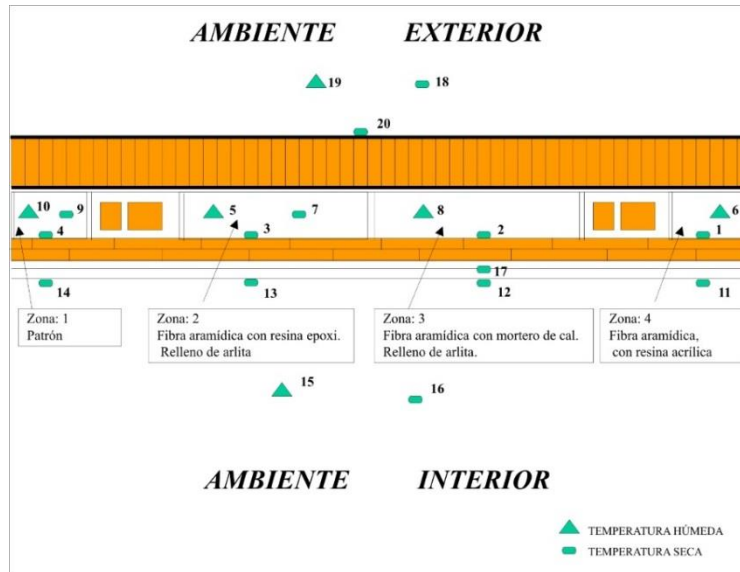


Figura 4.65. Situación y numeración de puntos de monitorización en el modelo 1:1. Sección longitudinal.

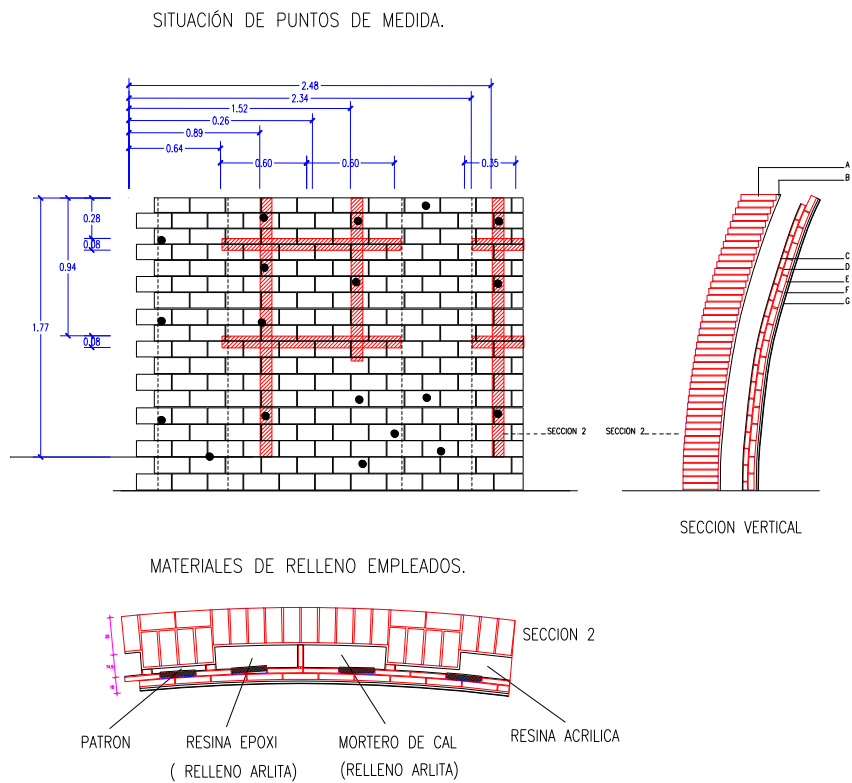


Figura 4.66. Situación de puntos de medida en modelo 1:1. Basílica de la Virgen.

Se describen a continuación los ensayos realizados, en el período del 18 de mayo a 13 de junio de 2000, sobre el modelo de las cúpulas con el sistema y equipo descritos.

1ª Fase. Generación de condiciones de interior equivalentes a gran afluencia de fieles a la Basílica en momentos de baja temperatura en el ambiente exterior (invierno) durante un período de tiempo prolongado, simulando las peores condiciones previsibles.

Objetivo: Cargar de humedad el muro y la pintura al fresco a su nivel máximo, simulando posibles condiciones de funcionamiento de la Basílica.

2ª Fase. Generación de condiciones de ambiente interior, con un gradiente de temperatura de cámara intercúpulas hacia el ambiente interior, tras la aplicación de las distintas soluciones de consolidación y/o aislamiento, con actuaciones y aporte de materiales en el interior del espacio intercúpulas.

Objetivo: Ir secando el muro y el fresco de forma que se eliminara la humedad por la parte exterior de las pinturas murales (interior de la Basílica), de manera que tuviéramos la peor situación para el fresco (mayor transmisión de vapor de agua por el mismo).

3ª Fase. Apertura de los recintos y parada de los equipos.

El resultado de la toma de datos se representa en forma de variación de temperaturas secas y húmedas registradas, para ambiente interior y exterior, durante todo el tiempo de los ensayos. En la figura 4.68, podemos ver la evolución en el tiempo de las tres fases, desde el 18 de mayo al 12 de junio del año 2000. Una vez registrados los valores de temperatura seca y húmeda para las diferentes fases del estudio, con las aplicaciones de consolidantes en determinados días, se estudiaron parámetros tales como temperatura de rocío, humedad específica, valores medios, etc.

Durante **la primera fase** (Figura 4.67) se obtuvieron los siguientes valores medios:

- Temperatura seca ambiente exterior: 7.1 °C
- Temperatura húmeda ambiente exterior: 6.4 °C
- Temperatura seca ambiente interior: 29.9 °C
- Temperatura húmeda ambiente interior: 26.1 °C

Resultando por cálculo (o por lectura en el diagrama psicrométrico):

- Humedad relativa ambiente exterior: 90.8 %
- Humedad específica ambiente exterior: 5.6 g/kg a.s.
- Humedad relativa ambiente interior: 74.3 %
- Humedad específica ambiente interior: 19.8 g/kg a.s.
- Temperatura de rocío ambiente interior: 24.8 °C

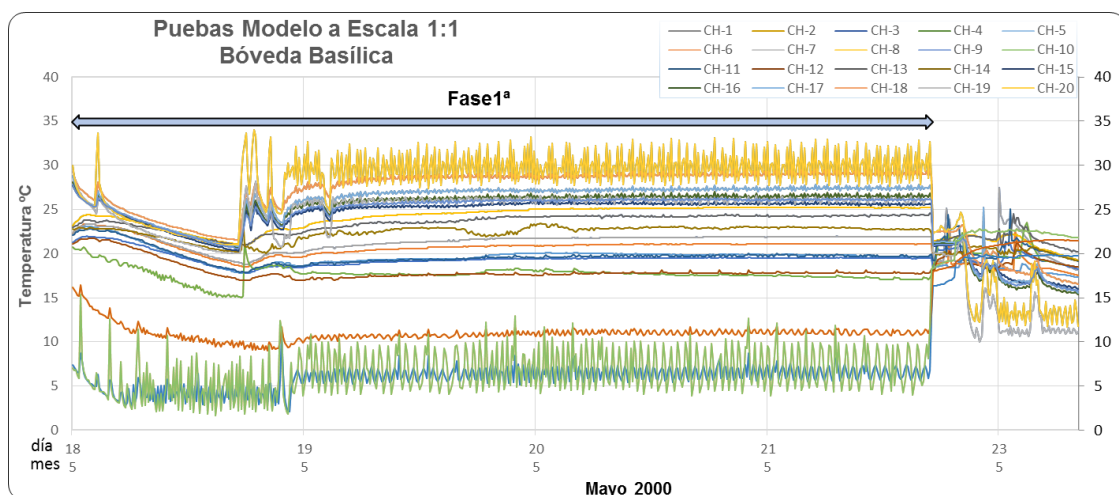


Figura 4.67. Evolución primera fase estudio modelo 1:1. Basílica de la Virgen.

Del registro de temperaturas secas en los distintos puntos de la superficie pictórica (canales 11, 12, 13 y 14) y por comparación con la temperatura de rocío del ambiente interior, mediante lecturas en el diagrama psicrométrico, se comprobó que

siempre permanecieron por encima de ésta última, descartando la condensación sobre la superficie.

Con una diferencia de humedad específica de $19.8 - 5.6 = 14.2$ g/kg a.s., o lo que es lo mismo, con una diferencia de presión parcial de vapor de agua de 2.200 Pa, se produjo una migración del vapor de agua a través de las distintas capas, aumentando el contenido para la fase siguiente. Esta migración de vapor de agua se apreció claramente en la toma de medidas de humedad realizada en el material soporte.

En un repaso pormenorizado de los datos correspondientes a esta primera fase (días del 19 al 22 de mayo), sólo cabe comentar las alteraciones producidas por las aperturas de los recintos para regulación y toma de datos puntuales sobre las superficies y paramentos.

Para la **segunda fase** del estudio, del 23 de mayo al 3 de junio, con la introducción de los diferentes materiales consolidantes en la cámara interna, destacamos el aumento significativo de temperatura superficial al introducir mortero de cal.

En la **tercera fase**, parada de los equipos, del 5 al 13 de junio, pudo observarse la rápida unificación de temperaturas, manteniéndose algo separada del resto la temperatura en la superficie interior de la cúpula.

4.3.3.- Conclusiones.

Con la fase 1ª del ensayo, se determinó que no se produjeron condensaciones en el fresco, cuando existen condiciones muy desfavorables tales como frío en el exterior y gran cantidad de humedad en el interior. El muro se carga de humedad en esta fase, pasa de una humedad media del 0.3 % al 0.75 % en peso. En la fase 2ª del ensayo, para las diferentes opciones de consolidación, el comportamiento higrotérmico fue el siguiente para cada material:

Zona 3 (mortero de cal): En la superficie del fresco aparecieron humedades debido, fundamentalmente, al agua líquida emigrada desde la intercúpula (añadiéndose a la gran cantidad de humedad que ya poseía el fresco). Se constató que la temperatura de dicha zona aumentó en 4 °C, debido a la reacción exotérmica tras la mezcla del producto.

Zona 4 (resina acrílica): En la superficie del fresco se detectaron aumentos de humedad (llegando hasta el 1,2 %), no observándose condensaciones. En la superficie de aplicación del producto se produjo un pequeño aumento de temperatura, alrededor de 1 °C.

Zona 2 (resina epoxi): En el momento de la aplicación hubo un aumento de la temperatura importante en la superficie interior, alrededor de 6 °C y como consecuencia, en la superficie del fresco fue de 1 °C.

Desde el punto de vista de condensaciones, se observó que el único tratamiento no aconsejado sería el de la zona 3 (mortero de cal) ya que provocaba humedades. El tratamiento de la zona 4 (acrílica) presentaba un cierto riesgo (aumentó la humedad del fresco apreciablemente), aunque no aparecieron humedades.

4.3.4- Mediciones de humedad en materiales.

Para la realización de las mediciones de humedad en la superficie pictórica, se empleó el aparato de medida de humedades en materiales de construcción Aqua-Boy DBM-I, mediante varias sondas de penetración en los diferentes estratos de las pinturas y materiales soporte. Figura 4.69. En el capítulo 1 se incluye una descripción completa de este equipo y del método de toma de medidas



Figura 4.69. Instrumental de medición de humedad en materiales.



Figura 4.70. Elemento sensor por penetración en superficie.

La medida se hace introduciendo el sensor en los estratos interiores del mortero de yeso, a través de agujas de varios tamaños y longitudes. Figura 4.70. El daño que producen estas incisiones en el material es inapreciable, pero de todas formas se eligen zonas del muro sin pinturas (lagunas) o zonas deterioradas. En nuestro caso las medidas se han realizado a una profundidad que varía entre 1 y 4 mm aproximadamente. Figuras 4.71 y 4.72.

El principio de medida de humedad se basa en la conductividad eléctrica que presenta un mismo material debido a la cantidad de agua que contiene. Las lecturas obtenidas de esta forma tienen una gran precisión y consistencia. Existe un juego de tablas de comparación que recoge la conversión numérica para gran cantidad

de materiales diferentes. Estas tablas se han confeccionado según los últimos conocimientos que se tiene acerca de valores de humedad de diversos materiales, y han sido ampliados para poder incluir los nuevos materiales de construcción.

El dato numérico obtenido con el aparato tiene una correspondencia directa con la humedad contenida en el material, a través de la lectura en una escala graduada, diferente según el material sujeto a medición. En las ficha de toma de datos se representan directamente los valores del display. El aparato dispone de una serie de escalas para poder traducir estos valores. Hay que destacar que el objetivo es descubrir las tendencias del material cuando se le somete a diferentes intervenciones y condiciones ambientales, por ello el valor numérico del display es un buen indicador de esta tendencia. Para cada tipo de material cambiaría la cantidad de agua contenida en el mismo.



Figura 4.71. Toma de medidas en pintura mural. Modelo 1:1.



Figura 4.72. Detalle toma de medidas sobre superficie. Modelo 1:1.

Analizando la evolución de las fichas de toma de datos de contenido de humedad en el material (figura 4.73), podemos observar una zona bien diferenciada con unos valores de humedad bastante altos en comparación con el resto del muro. Esta zona corresponde exactamente con la parte de la cámara intercúpulas donde se

introdujo el mortero de cal, con una cantidad de agua suficiente para provocar esta diferenciación en el contenido de agua.

Gran parte del muro tenía unos valores de humedad del 0.7%, ello es debido principalmente al ambiente creado durante los cuatro primeros días de ensayos (19, 20, 21, 22 y 23 de mayo), donde la humedad específica W fue elevada en el interior del recinto. De esta manera el material del muro “aspiró” parte de este agua contenida en el aire, llegando a los valores antes mencionados.

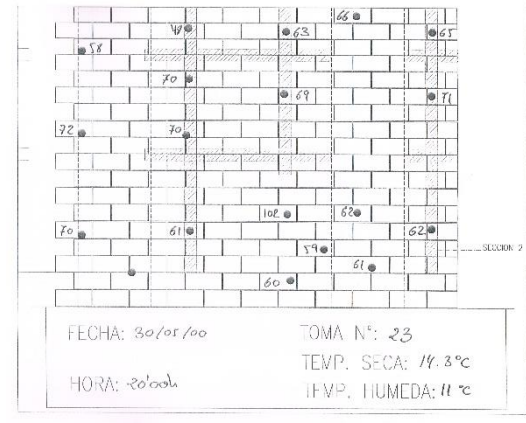


Figura 4.73. Ejemplo de ficha de toma de datos de humedad empleada. Modelo 1:1.



Figura 4.74. Detalle toma de medidas sobre superficie. Modelo 1:1.

En el caso que nos ocupa, por ejemplo para una humedad relativa ambiente del 65% el revoque de yeso debería tener un 0.5% de agua en peso de material. Este dato nos informa de que los valores leídos en el display del medidor de humedades por encima de 50 son producidos necesariamente por un aporte externo de agua, o por un aumento de la humedad relativa ambiental por encima del 65%. Los valores alcanzados rápidamente de 85, 95, 104 etc. indican un principio de saturación de agua del material de esa zona, por un aporte externo.

El secado de esta humedad es muy lento, más aún si tenemos en cuenta que no existe ventilación alguna en la zona de experimentación, y que los valores de humedad relativa del aire interior se mantuvieron en el rango 70% - 80% durante el resto de los días (23 mayo al 5 junio), siendo difícil el secado bajo estas circunstancias. En la aparición de las zonas de mayor humedad, interviene de forma decisiva la disposición de los elementos constructivos (ladrillos, revoques, morteros etc.), los cuales conducen, acumulan y filtran el agua aportada al rellenar con materiales nuevos.

Por último nos queda afirmar, que las condiciones para la aparición de condensaciones sobre las superficies no se han dado, aún en las condiciones más extremas, por lo que podemos descartar el aporte de agua al material por esta vía.

Esta investigación, eminentemente práctica, nos permitió depurar el método de análisis de toma de datos de humedad en materiales, y ampliar los conocimientos acerca del comportamiento higrotérmico del conjunto de las cúpulas de la Basílica de la Virgen. En el siguiente punto se incluye el cálculo del coeficiente global de transmisión de calor de la solución de consolidación adoptada, para compararla con la situación inicial y valorar las mejoras.

4.3.5.- Cálculo del coeficiente de transmisión de calor de la cubierta.

Como complemento a los anteriores estudios, vamos a realizar el cálculo de los coeficientes globales de transmisión de calor del conjunto de las cúpulas existentes, para compararlo con la propuesta de consolidación y aislamiento proyectado. En las figuras 4.75 y 4.76 representan las secciones constructivas de la cubierta original y de la proyectada. Observamos, como era previsible, que el efecto de la introducción del poliuretano expandido en la cámara intercúpulas, provoca una importante modificación de las características aislantes del conjunto.

El coeficiente global de transmisión de calor K se define como la intensidad total de transferencia de calor a través de un material. Es el coeficiente resultante después de tener en cuenta la conductividad térmica y los coeficientes de convección de cada una de las capas del elemento constructivo. Normalmente se aplica a estructuras compuestas, tales como paredes, techos y tejados. El coeficiente de conductividad térmica expresa la cantidad o flujo de calor que pasa, por unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie de una muestra del material. Es una característica de cada material y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor

La transmisión de calor a través de un muro multicapa en estado estacionario se evalúa por:

$$Q = A K (T_{\text{sext}} - T_{\text{shint}})$$

El coeficiente global de transmisión K de calor de un muro multicapa se calcula mediante la expresión:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_{ci}} + \sum_{\text{capas}} \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{ce}}} = \frac{1}{\sum_{\text{capas}} R_{ti}}$$

Donde:

K - coeficiente global de transmisión de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)

A – Superficie de transmisión de calor.

L_i - Espesor de la capa de material (m)

λ_i - Conductividad térmica capa i ($\text{Kcal}/\text{h m}^2\text{°C}$ ó $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)

h_{ci} - Coeficiente Convección interior ($\text{Kcal}/\text{h m}^2 \text{°C}$ ó $\text{W}/\text{m}^2 \text{°C}$)

h_{ce} - Coeficiente Convección exterior ($\text{Kcal}/\text{h m}^2 \text{°C}$ ó $\text{W}/\text{m}^2 \text{°C}$)

R_{ti} - Resistencia térmica de cada capa ($\text{h m}^2 \text{°C}/\text{Kcal}$ ó $\text{m}^2 \text{°C}/\text{W}$)

T_{sext} - Temperatura seca exterior. (°C)

T_{shint} - Temperatura seca interior. (°C)

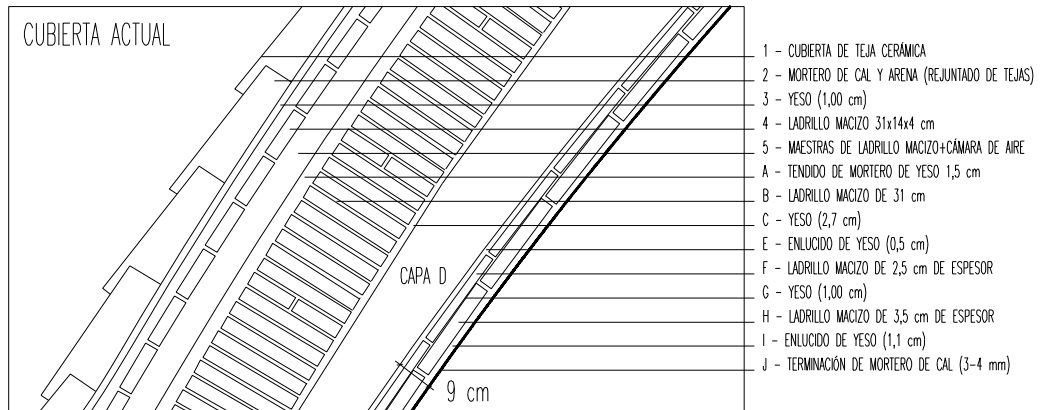


Figura 4.75. Sección constructiva de la cubierta existente antes de intervención.
Basilica de la Virgen.

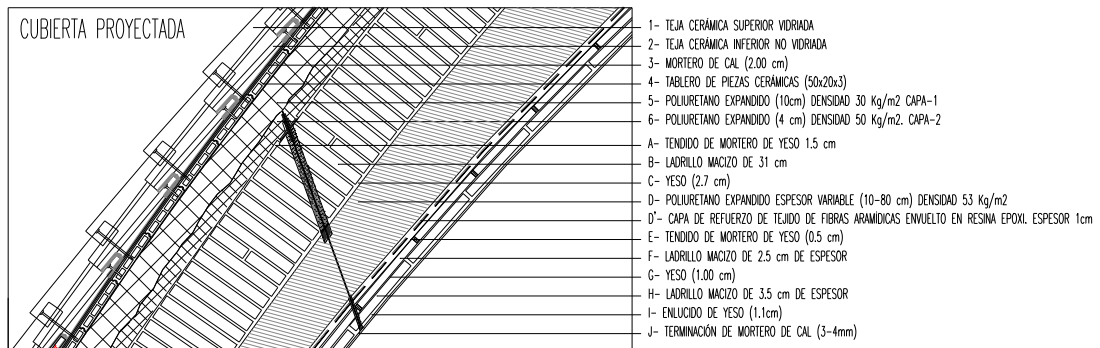


Figura 4.76. Sección constructiva de la cubierta proyectada. Basilica de la Virgen.

CUBIERTA PRIMITIVA

Capa	Composición	Espesor m	Conductividad W/m°C	Densidad Kg/m3	INVIERNO	VERANO
					Resist. Térmica °Cm2/W	Resist. Térmica °Cm2/W
	Convección exterior				0,05	0,05
1	Cubierta de teja	0,014	0,79	1800	0,017721519	0,017721519
2	Mortero de cal y arena	0,09	0,3	800	0,3	0,3
3	Terminación de yeso	0,01	0,3	800	0,033333333	0,033333333
4	Ladrillo macizo 31x14x4 cm	0,04	0,87	1800	0,045977011	0,045977011
5-A	Maestras de ladrillo macizo e=4 cm	0,04	0,87	1800	0,045977011	0,045977011
5-B	Cámara de aire	0,07			0,21	0,16
A	Mortero de yeso e=1.5 cm	0,015	0,3	800	0,05	0,05
B	Ladrillo macizo e=31 cm	0,31	0,87	1800	0,356321839	0,356321839
C	Doble capa yeso y cal 1.2 + 1.5 cm	0,027	0,3	800	0,09	0,09
D	Cámara de aire (INTERBÓVEDAS)	0,35			0,21	0,16
E	Yeso e= 0,5 cm	0,005	0,3	800	0,016666667	0,016666667
F	Ladrillo macizo e=2,5 cm	0,025	0,87	1800	0,028735632	0,028735632
G	Yeso e= 1 cm	0,01	0,3	800	0,033333333	0,033333333
H	Ladrillo macizo e=3,5 cm	0,035	0,87	1800	0,040229885	0,040229885
I	Enlucido de yeso e= 1,5 cm	0,015	0,3	800	0,05	0,05
	Convección interior				0,17	0,09

Cálculo de **K** INVIERNO **K= 0,57199** W/m2°C
 VERANO **K= 0,63763** W/m2°C

Tabla 4.11. Cálculo de coeficientes globales de transmisión de calor cubierta existente.

CUBIERTA PROYECTADA

Capa	Composición	Espesor m	Conductividad W/m°C	Densidad Kg/m3	INVIERNO	VERANO
					Resist. Térmica °Cm2/W	Resist. Térmica °Cm2/W
	Convección exterior				0,05000	0,05000
1-2	Cubierta de teja cerámica	0,014	0,79	1800	0,01772	0,01772
3	Mortero de cal-arena	0,02	0,3	800	0,06667	0,06667
3'	Mortero de cemento e=2 cm	0,02	1,4	900	0,01070	0,01070
4	Tablero de piezas cerámicas 50x20x3 cm	0,03	0,5	1500	0,06000	0,06000
4'	Mortero de cemento e=1,5 cm	0,015	1,4	900	0,01070	0,01070
5	Poliuretano expandido e=10cm Capa-1	0,1	0,023	30	4,34783	4,34783
6	Poliuretano expandido e=4cm Capa-2	0,04	0,023	53	1,73913	1,73913
A	Mortero de yeso e=1.5 cm	0,015	0,3	800	0,05000	0,05000
B	Ladrillo macizo e=31 cm	0,31	0,87	1800	0,35632	0,35632
C	Capa yeso y cal 1.2 + 1.5 cm	0,027	0,3	800	0,09000	0,09000
D	Poliuretano expandido e=35cm Capa-3	0,35	0,023	53	15,21739	15,21739
E	Yeso e= 0,5 cm	0,005	0,3	800	0,01667	0,01667
F	Ladrillo macizo e=2,5 cm	0,025	0,87	1800	0,02874	0,02874
G	Yeso e= 1 cm	0,01	0,3	800	0,03333	0,03333
H	Ladrillo macizo e=3,5 cm	0,035	0,87	1800	0,04023	0,04023
I	Enlucido de yeso e= 1,1 cm	0,01	0,3	800	0,03333	0,03333
J	Mortero de cal-arena	0,03	0,3	800	0,10000	0,10000
	Convección interior				0,17000	0,09000

Capa de polímero -1 espesor = **0,1** metros **K= 0,044565749** W/m2°C
 conductividad = **0,023** W/m°C INVIERNO
 densidad = **30** Kg/m3

Capa de polímero -2 espesor = **0,4** metros **K= 0,044725206** W/m2°C
 conductividad = **0,023** W/m°C VERANO
 densidad = **53** Kg/m3

Capa de polímero -3 espesor = **0,35** metros
 conductividad = **0,023** W/m°C
 densidad = **53** Kg/m3

Tabla 4.12. Cálculo de coeficientes globales de transmisión de calor cubierta proyectada.

4.4.- Análisis termohigrométrico de la Basílica. Año 2000.

En este punto presentaremos los resultados de las mediciones, correspondientes al año 2000. Esta campaña de medidas se realizó en pleno desarrollo de las tareas de restauración-rehabilitación del conjunto de la Basílica de la Virgen, en todos los órdenes de actuación, arquitectónica, pintura mural, pintura caballete, etc. Los datos obtenidos en el año 2000 serán tratados desde la perspectiva de normativas actuales (UNE EN 15757:2010 y ASHRAE 2013), confeccionadas y editadas años después. Aplicaremos nuevas evaluaciones de riesgos y se aplicarán los procedimientos depurados de tratamiento de datos.

A principios del año 2001 el sistema de adquisición de datos sufrió daños irreparables tanto en el equipo principal como en los sensores por la caída de un rayo. Luego de este incidente y tras una exhaustiva valoración del estado de los equipos electrónicos, se decidió el desmantelamiento del sistema. En la tabla 4.13 se presenta un resumen de la cantidad de datos obtenidos en cada campaña de medidas entre los años 1993 a 2000.

AÑO	Nº DATOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
1993	3.127	Comienzo mediciones 31 diciembre 1993
1994	818.762	Año completo
1995	217.983	Caida de rayo y avería del sistema. Septiembre 1995
1996	615.801	Reparación de equipo datalogger.
1997	285.518	Año incompleto
1998	218.150	Año incompleto. Mediciones de 7 meses.
1999	147.239	Año incompleto. Mediciones de 4 meses.
2000	320.919	Renovación de sensores. Año completo.
Total	2.627.499	

Tabla 4.13. Datos obtenidos en las diferentes campañas de medida entre 1993 y 2000.

Luego de la remodelación completa del sistema de monitorización realizada en el año 1999, la nueva disposición de los sensores disponibles se indica en la tabla 4.14.

SITUACIÓN DE SENSORES			ENERO 2000		
CANAL	TIPO	SITUACIÓN	CANAL	TIPO	SITUACIÓN
CH 00	Tª SUP	Tejas-Oeste-Bajo.	CH 25		DISPONIBLE
CH 01		DISPONIBLE	CH 26		DISPONIBLE
CH 02		DISPONIBLE	CH 27		DISPONIBLE
CH 03		DISPONIBLE	CH 28		DISPONIBLE
CH 04		DISPONIBLE	CH 29		DISPONIBLE
CH 05	Tª AMB	Altar de la Virgen.	CH 30,40		DISPONIBLE
CH 06		DISPONIBLE	CH 31,41	HR-Tª	Tribuna interior.
CH 07		DISPONIBLE	CH 32,42	HR-Tª	Alero exterior-Sureste.
CH 08		DISPONIBLE	CH 33,43	HR-Tª	Capilla de la Comunión.
CH 09		DISPONIBLE	CH 34,44	HR-Tª	Espacio Central.
CH 10	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 11	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 12	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 37,47	HR-Tª	Camarín de la Virgen.
CH 13	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 38,48	HR-Tª	Bóveda media.
CH 14	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 15	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 50		DISPONIBLE
CH 16		DISPONIBLE	CH 51		DISPONIBLE
CH 17		DISPONIBLE	CH 52		DISPONIBLE
CH 18		DISPONIBLE	CH 53	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 19		DISPONIBLE	CH 54	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 20	Tª AMB	Tribuna interior.	CH 55		DISPONIBLE
CH 21	Tª AMB	Alero exterior-Noreste.	CH 56	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 22		DISPONIBLE	CH 57		DISPONIBLE
CH 23		DISPONIBLE	CH 58		DISPONIBLE
CH 24		DISPONIBLE	CH 59		DISPONIBLE

Tabla 4.14. Listado de sensores operativos en la Basílica de la Virgen en el año 2000.

4.4.1.- Caracterización ambiental.

Vamos a analizar tres ambientes diferenciados del conjunto de la Basílica: la zona de la cúpula (frescos de Palomino), la Capilla de la Comunión y el Camarín de la Virgen, así como la evolución de los parámetros exteriores.

En la gráfica de la figura 4.77 se representa la evolución del ambiente exterior registrado con los datos del sensor CH 32-42. El valor medio anual de temperatura es de 19,85°C y de 59,71% de humedad relativa, siendo los valores medios de los máximos mensuales de 22.5°C de T^a y 59.4% de HR y los valores medios de los mínimos mensuales de 20.4°C de T^a y 50.8% de HR, datos obtenidos del resumen de la Tabla 4.21.

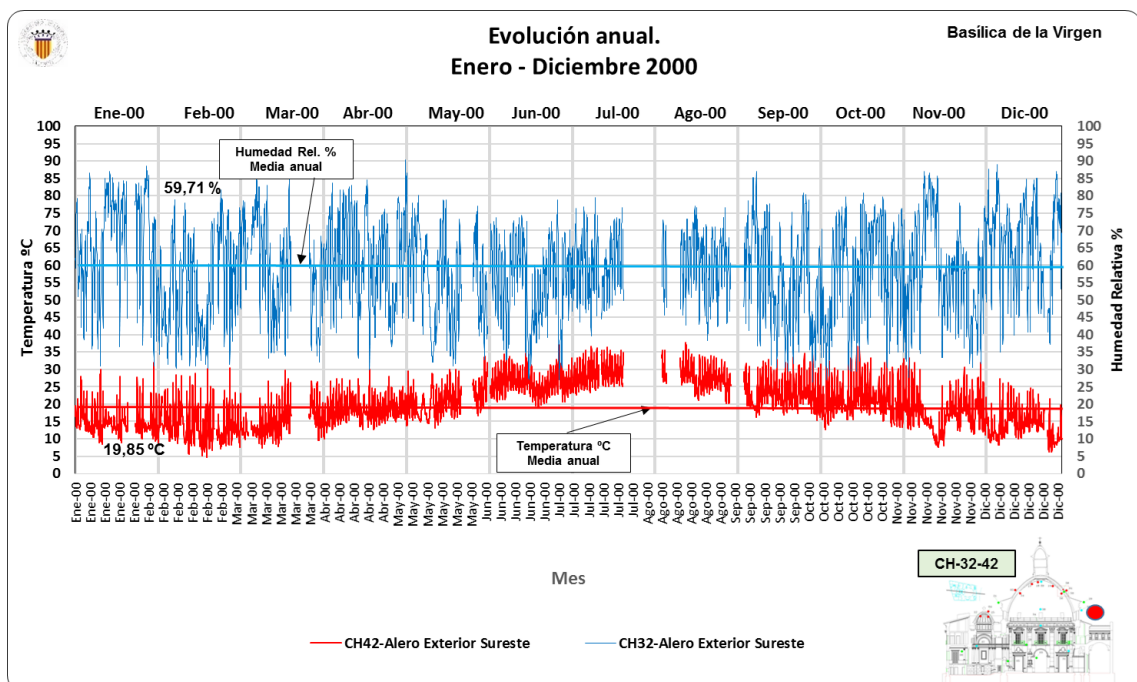


Figura 4.77. Evolución de temperatura y humedad relativa exterior. Año 2000.

En las gráficas de las siguientes figuras se representan las evoluciones de los ambientes interiores sometidos a estudio. Se muestra la evolución de la humedad relativa y la temperatura con indicación de las medias anuales.

- Figura 4.78. Cúpula principal altura media.
- Figura 4.79. Capilla de la Comunión.
- Figura 4.80. Camarín de la Virgen.

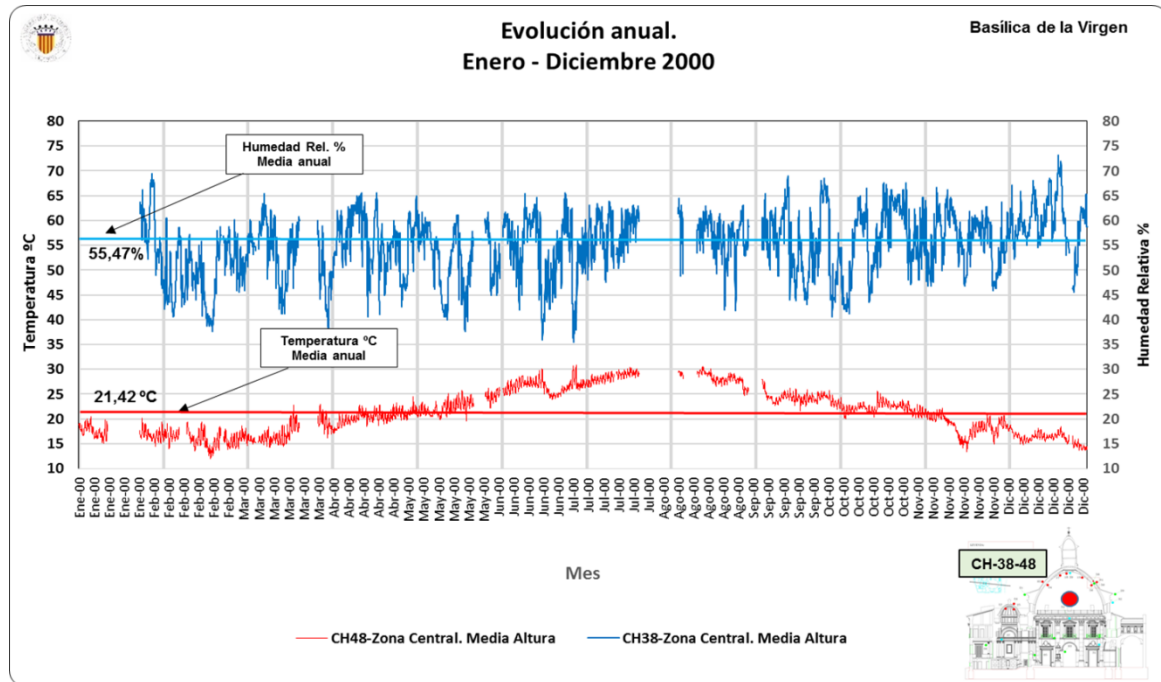


Figura 4.78. Evolución de temperatura y humedad relativa cúpula. Año 2000.

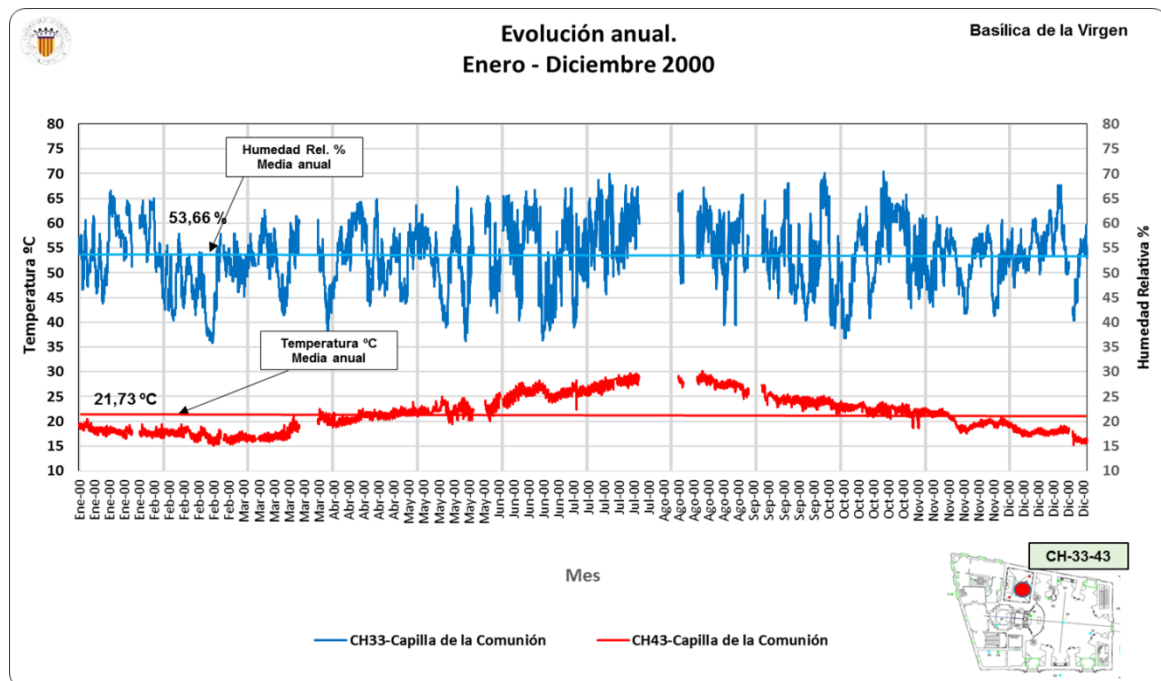


Figura 4.79. Evolución de temperatura y humedad relativa Capilla Comunión. Año 2000.

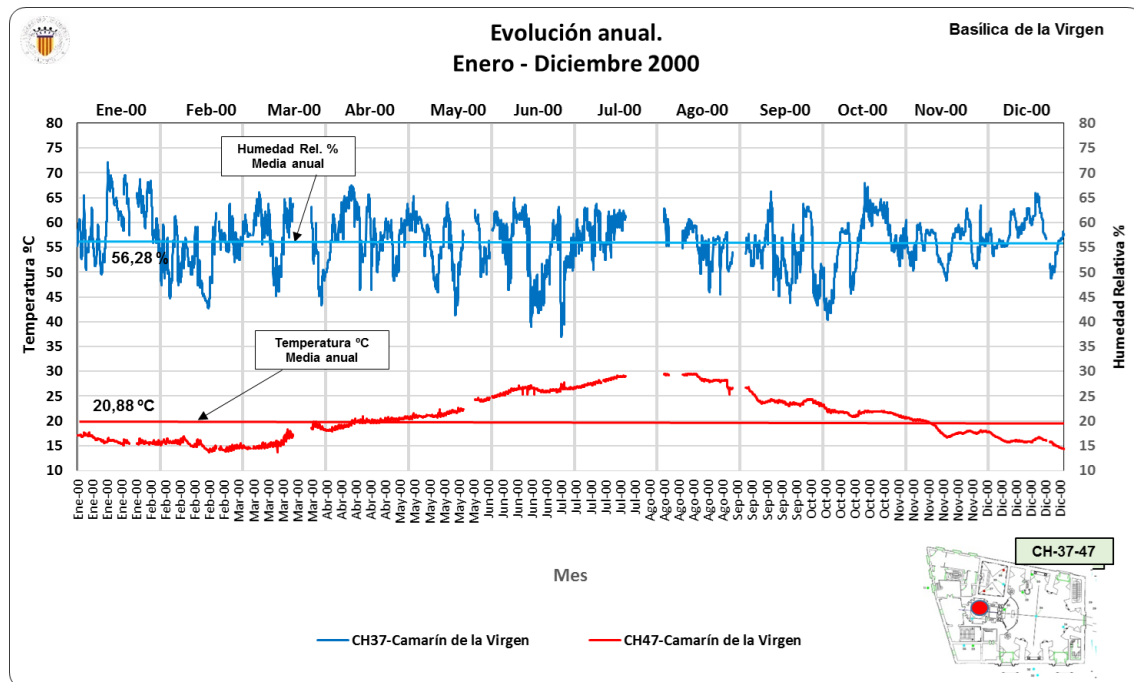


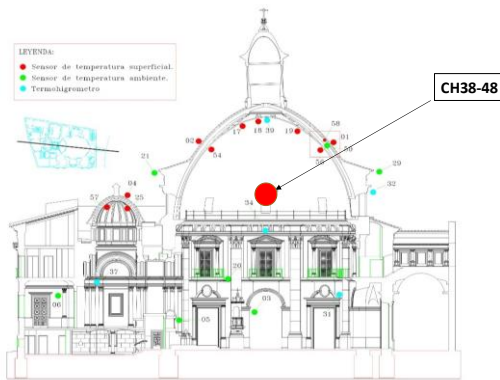
Figura 4.80. Evolución de temperatura y humedad relativa Camarín Virgen. Año 2000.

En las páginas siguientes incluimos la plantilla resumen (figura 1.23 del Capítulo 1) de los parámetros estadísticos anual, estacional y mensual de los datos recogidos por los sensores situados en las dependencias de la Basílica, incluyen: los histogramas de frecuencias, las gráficas de evolución de valores medios, máximos y mínimos mensuales y los datos estadísticos mensuales-estacionales- anuales. Las tablas son las siguientes:

- Tabla 4.15. Cúpula principal altura media. CH38-48.
- Tabla 4.16. Camarín de la Virgen. CH37-47.
- Tabla 4.17. Capilla de la Comunión. CH33-43.
- Tabla 4.18. Frescos C. Comunión CH27 y Camarín CH25.
- Tabla 4.19. Fresco cúpula principal. CH56-14
- Tabla 4.20. Fresco cúpula principal. CH11-12.

DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Zona Central. Media Altura Bóveda CH38-48						
MES	CH-38 Med	CH-48 Med	CH-38 Min	CH-48 Min	CH-38 Máx	CH-48 Máx
ene-00	60,49	17,45	52,22	15,12	68,23	20,53
feb-00	49,84	15,98	37,69	11,90	69,40	19,47
mar-00	53,63	16,69	41,23	14,00	65,34	22,92
abr-00	55,06	19,98	38,11	16,12	65,57	23,31
may-00	52,37	21,94	37,58	19,64	64,90	25,72
jun-00	54,14	26,05	35,96	22,19	65,50	30,04
jul-00	56,05	28,20	35,40	25,73	63,92	30,85
ago-00	56,97	28,46	41,79	26,51	64,50	30,51
sep-00	56,01	24,47	43,01	21,54	69,01	28,00
oct-00	55,51	22,51	40,61	20,06	67,61	25,71
nov-00	56,28	18,85	45,88	13,35	66,73	23,00
dic-00	59,33	16,44	45,48	13,68	73,20	20,70
MEDIA	55,47	21,42	41,25	18,32	66,99	25,06
MÁX	60,49	28,46	52,22	26,51	73,20	30,85
MIN	49,84	15,98	35,40	11,90	63,92	19,47

Basílica de la Virgen DATOS ESTACIONALES Zona Central. Media Altura Bóveda CH38-48						
ENERO-FEBRERO-MARZO		MEDIOS		CH38	CH48	JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE
Media		54,65	16,71			
Media de los máximos mensuales		67,66	20,97			
Media de los mínimos mensuales		43,71	13,67			
Rango medio		23,94	7,30			
EXTREMOS		CH38	CH48			OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE
Máximo Absoluto		69,40	22,92			
Mínimo Absoluto		37,69	11,90			
Rango Absoluto		31,71	11,02			
ABRIL-MAYO-JUNIO		MEDIOS		CH38	CH48	OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE
Media		53,85	22,65			
Media de los máximos mensuales		65,32	26,36			
Media de los mínimos mensuales		37,22	19,32			
Rango medio		28,11	7,04			
EXTREMOS		CH38	CH48			OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE
Máximo Absoluto		65,57	30,04			
Mínimo Absoluto		35,96	16,12			
Rango Absoluto		29,61	13,92			



DATOS ANUALES AÑO 2000 Zona Central. Media Altura Bóveda CH38-48		
MEDIOS	CH38	CH48
Media	55,47	21,42
Media de los máximos mensuales	66,99	25,06
Media de los mínimos mensuales	41,25	18,32
Rango medio	25,75	6,74
EXTREMOS	CH38	CH48
Máximo Absoluto	73,20	30,85
Mínimo Absoluto	35,40	11,90
Rango Absoluto	37,80	18,95
ESTADÍSTICA	CH38	CH48
Moda	55,7	22,5
Mediana	55,78	21,13
Desviación Estándar	6,41818	4,41627
Número datos	14,165	14,165

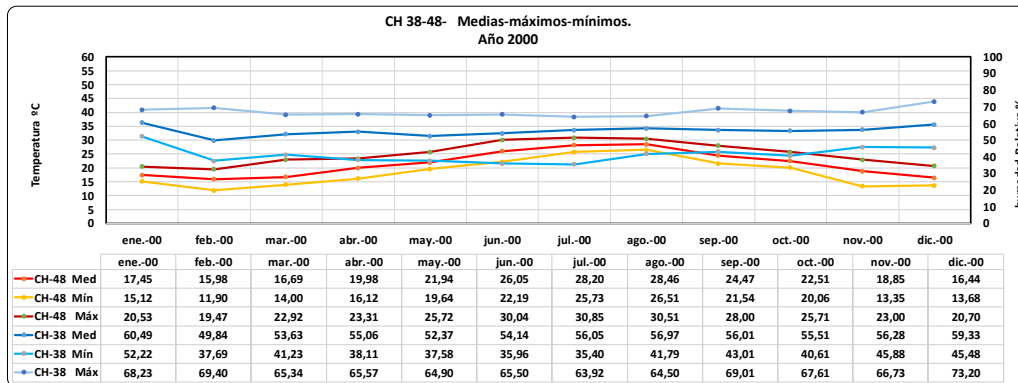
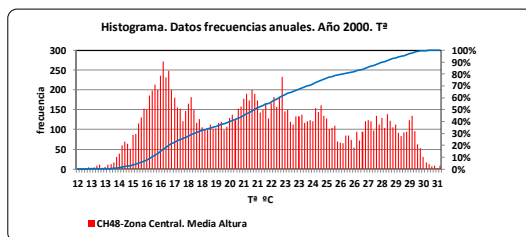
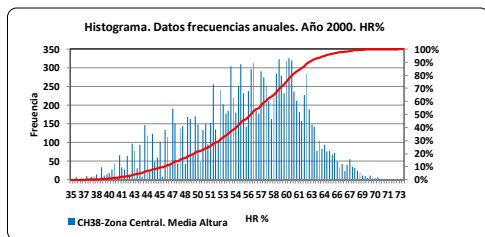


Tabla 4.15. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH38-48.

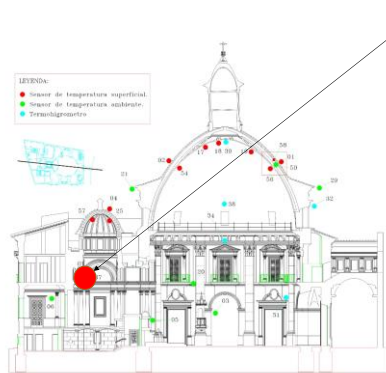
DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Camarin de la Virgen CH37-47						
MES	CH-37 Med	CH-47 Med	CH-37 Min	CH-47 Min	CH-37 Máx	CH-47 Máx
ene-00	60,40	16,18	49,58	15,00	72,20	17,75
feb-00	53,54	15,19	42,70	13,70	68,38	16,97
mar-00	57,55	15,37	45,12	13,74	66,06	19,90
abr-00	57,43	19,34	43,29	17,93	67,48	21,02
may-00	55,68	21,08	41,31	20,13	65,30	24,15
jun-00	54,80	25,73	38,94	23,92	65,00	27,14
jul-00	57,07	27,53	36,90	25,70	63,80	29,17
ago-00	56,12	28,70	45,50	27,83	62,92	29,54
sep-00	54,49	24,33	43,71	23,00	66,30	28,23
oct-00	55,02	22,05	40,31	20,75	68,05	24,39
nov-00	55,56	18,82	48,28	16,67	62,90	21,40
dic-00	57,67	16,24	48,68	14,35	66,03	18,10
MEDIA	56,28	20,88	43,69	19,39	66,20	23,15
MÁX	60,40	28,70	49,58	27,83	72,20	29,54
MÍN	53,54	15,19	36,90	13,70	62,90	16,97

Basílica de la Virgen DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Camarin de la Virgen CH37-47				
ENERO-FEBRERO-MARZO	MEDIOS		CH37	CH47
	Media		57,16	15,58
	Media de los máximos mensuales		68,88	18,21
	Media de los mínimos mensuales		45,80	14,15
	Rango medio		23,08	4,06
EXTREMOS	CH37		CH47	
	Máximo Absoluto		72,20	19,90
	Mínimo Absoluto		42,70	13,70
	Rango Absoluto		29,50	6,20

ABRIL-MAYO-JUNIO	MEDIOS		CH37	CH47
	Media		55,97	22,05
	Media de los máximos mensuales		65,93	24,10
	Media de los mínimos mensuales		41,18	20,66
	Rango medio		24,75	3,44
EXTREMOS	CH37		CH47	
	Máximo Absoluto		67,48	27,14
	Mínimo Absoluto		38,94	17,93
	Rango Absoluto		28,54	9,21

JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE	MEDIOS		CH37	CH47
	Media		55,89	26,85
	Media de los máximos mensuales		64,34	28,98
	Media de los mínimos mensuales		42,04	25,51
	Rango medio		22,30	3,47
EXTREMOS	CH37		CH47	
	Máximo Absoluto		66,30	29,54
	Mínimo Absoluto		36,90	23,00
	Rango Absoluto		29,40	6,54

OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE	MEDIOS		CH37	CH47
	Media		56,08	19,04
	Media de los máximos mensuales		65,66	21,30
	Media de los mínimos mensuales		45,76	17,26
	Rango medio		19,90	4,04
EXTREMOS	CH37		CH47	
	Máximo Absoluto		68,05	24,39
	Mínimo Absoluto		40,31	14,35
	Rango Absoluto		27,74	10,04



DATOS ANUALES AÑO 2000		
MEDIOS	CH37	CH47
Media	56,28	20,88
Media de los máximos mensuales	66,20	23,15
Media de los mínimos mensuales	43,69	19,39
Rango medio	22,51	3,75
EXTREMOS	CH37	CH47
Máximo Absoluto	72,20	29,54
Mínimo Absoluto	36,90	13,70
Rango Absoluto	35,30	15,84
ESTADÍSTICA	CH37	CH47
Moda	56,28	15,7
Mediana	56,68	20,34
Desviación Estándar	5,398	4,506
Número datos	15.072	15.066

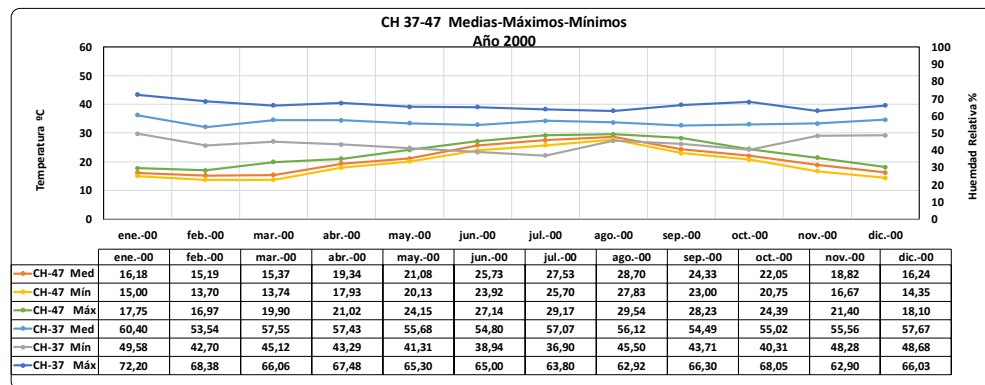
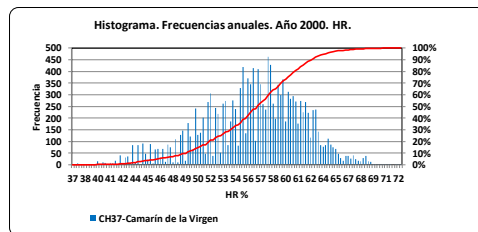
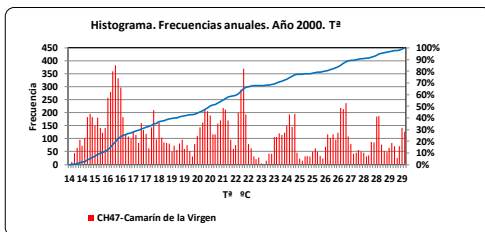


Tabla 4.16. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH37-47.

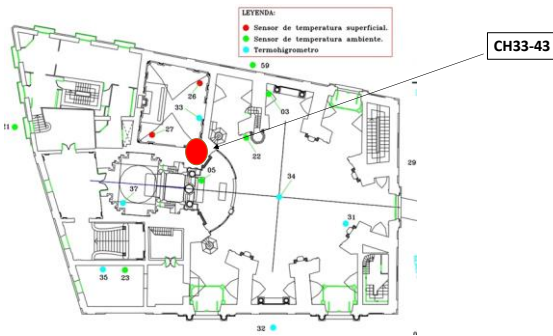
DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Capilla de la Comunidad CH33-43						
MES	CH-33 Med	CH-43 Med	CH-33 Min	CH-43 Min	CH-33 Máx	CH-43 Máx
ene-00	56,05	18,13	43,82	16,50	66,50	20,57
feb-00	48,43	17,18	35,80	15,00	64,97	19,46
mar-00	52,54	17,33	41,37	15,65	62,64	22,54
abr-00	53,42	20,78	37,43	18,84	64,90	22,73
may-00	51,72	22,11	36,23	19,43	67,32	24,97
jun-00	53,99	25,16	36,25	20,00	67,10	28,20
jul-00	57,36	27,19	38,97	22,34	69,95	29,60
ago-00	57,37	27,83	39,38	25,85	67,14	30,13
sep-00	53,81	24,42	40,35	22,06	70,18	27,36
oct-00	53,10	22,54	36,75	18,66	70,44	24,81
nov-00	51,76	20,24	41,36	17,62	61,65	22,65
dic-00	54,41	17,88	40,37	15,18	67,63	20,99
MEDIA	53,66	21,73	39,01	18,93	66,70	24,50
MÁX	57,37	27,83	43,82	25,85	70,44	30,13
MIN	48,43	17,18	35,80	15,00	61,65	19,46

Basilica de la Virgen DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Capilla de la Comunidad CH33-43				
ENERO-FEBRERO-MARZO	MEDIOS		CH33	CH43
	Media	52,34	17,55	
	Media de los máximos mensuales	64,70	20,86	
	Media de los mínimos mensuales	40,33	15,72	
	Rango medio	24,37	5,14	
EXTREMOS		CH33	CH43	
Máximo Absoluto	66,50	22,54		
Mínimo Absoluto	35,80	15,00		
Rango Absoluto	30,70	7,54		

JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE	MEDIOS		CH33	CH43
	Media	56,18	26,48	
	Media de los máximos mensuales	69,09	29,03	
	Media de los mínimos mensuales	39,57	23,42	
	Rango medio	29,52	5,61	
EXTREMOS		CH33	CH43	
Máximo Absoluto	70,18	30,13		
Mínimo Absoluto	38,97	22,06		
Rango Absoluto	31,21	8,07		

ABRIL-MAYO-JUNIO	MEDIOS		CH33	CH43
	Media	53,04	22,68	
	Media de los máximos mensuales	66,44	25,30	
	Media de los mínimos mensuales	36,64	19,42	
	Rango medio	29,80	5,88	
EXTREMOS		CH33	CH43	
Máximo Absoluto	67,32	28,20		
Mínimo Absoluto	36,23	18,84		
Rango Absoluto	31,09	9,36		

OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE	MEDIOS		CH33	CH43
	Media	53,09	20,22	
	Media de los máximos mensuales	66,57	22,82	
	Media de los mínimos mensuales	39,49	17,15	
	Rango medio	27,08	5,66	
EXTREMOS		CH33	CH43	
Máximo Absoluto	70,44	24,81		
Mínimo Absoluto	36,75	15,18		
Rango Absoluto	33,69	9,63		



DATOS ANUALES AÑO 2000			
MEDIOS	CH33	CH43	
Media	53,66	21,73	
Media de los máximos mensuales	66,70	24,50	
Media de los mínimos mensuales	39,01	18,93	
Rango medio	27,70	5,57	
EXTREMOS		CH33	CH43
Máximo Absoluto	70,44	30,13	
Mínimo Absoluto	35,80	15,00	
Rango Absoluto	34,64	15,13	
ESTADÍSTICA			
Meda	57,10	17,8	
Mediana	53,75	21,45	
Desviación Estándar	6,6903	3,6237	
Número datos	15.073	15.070	

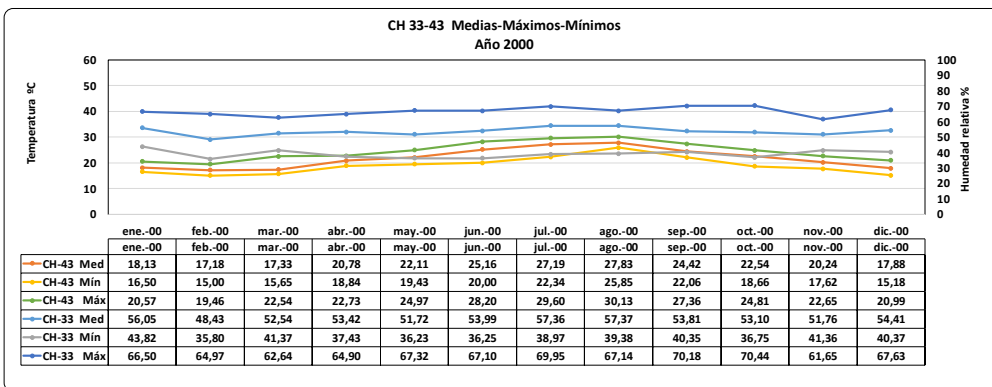
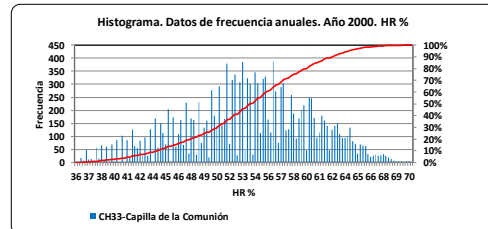
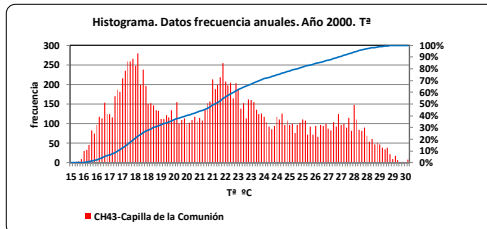
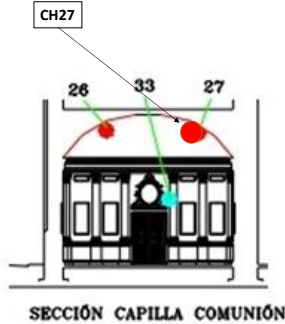
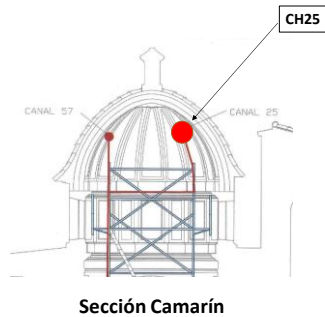


Tabla 4.17. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH33-43.

DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000							Basílica de la Virgen									
Superficie Fresco Capilla Comunión CH27. Fresco Camarín CH25							DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000									
Superficie Fresco Capilla Comunión CH27. Fresco Camarín CH25							Superficie Fresco Capilla Comunión CH27. Fresco Camarín CH25									
MES	CH-27 Med	CH-25 Med	CH-27 Min	CH-25 Min	CH-27 Máx	CH-25 Máx	ENERO-FEBRERO-MARZO	MEDIOS	CH27	CH25	JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE	MEDIOS	CH27	CH25		
ene-00	22,72	15,02	21,90	13,00	24,50	17,40		ENERO-FEBRERO-MARZO	Media	22,27		14,83	JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE	Media	25,95	27,22
feb-00	21,87	13,77	20,00	11,00	23,20	16,40	Media de los máximos mensuales		24,57	16,40	Media de los máximos mensuales	27,97		30,87		
mar-00	22,22	15,70	20,60	12,70	26,00	21,40	Media de los mínimos mensuales		20,83	12,23	Media de los mínimos mensuales	24,37		24,00		
abr-00	25,09	19,72	23,80	16,90	26,50	22,60	Rango medio		3,73	6,17	Rango medio	3,60		6,87		
may-00	26,54	21,37	25,00	19,00	28,60	26,30	EXTREMOS		CH27	CH25	EXTREMOS	CH27		CH25		
jun-00	30,10	28,28	27,00	22,90	32,50	32,20	Máximo Absoluto		26,00	21,40	Máximo Absoluto	28,90		32,20		
jul-00	26,53	29,49	24,70	26,60	28,40	32,20	Mínimo Absoluto		20,00	11,00	Mínimo Absoluto	22,00		20,00		
ago-00	27,41	28,96	26,40	25,40	28,90	31,90	Rango Absoluto		6,00	10,40	Rango Absoluto	6,90		12,20		
ago-00	23,92	23,21	22,00	20,00	26,60	28,50	ABRIL-MAYO-JUNIO		Media	27,24	23,12	OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE		Media	19,41	17,33
oct-00	22,10	20,42	20,40	18,00	23,90	24,40			Media de los máximos mensuales	29,20	27,03			Media de los máximos mensuales	23,23	20,70
nov-00	20,35	17,11	15,90	11,60	24,50	19,80			Media de los mínimos mensuales	25,27	19,60			Media de los mínimos mensuales	15,73	13,83
dic-00	15,78	14,47	10,90	11,90	21,30	17,90			Rango medio	3,93	7,43			Rango medio	7,50	6,87
MEDIA	23,72	20,63	21,55	17,42	26,24	24,25		EXTREMOS	CH27	CH25	EXTREMOS		CH27	CH25		
MÁX	30,10	29,49	27,00	26,60	32,50	32,20		Máximo Absoluto	32,50	32,20	Máximo Absoluto		24,50	24,40		
MÍN	15,78	13,77	10,90	11,00	21,30	16,40		Mínimo Absoluto	23,80	16,90	Mínimo Absoluto		10,90	11,60		
								Rango Absoluto	8,70	15,30	Rango Absoluto		13,60	12,80		



DATOS ANUALES AÑO 2000		
MEDIOS	CH27	CH25
Media	23,72	20,63
Media de los máximos mensuales	26,24	24,25
Media de los mínimos mensuales	21,55	17,42
Rango medio	4,69	6,83
EXTREMOS	CH27	CH25
Máximo Absoluto	32,50	32,20
Mínimo Absoluto	10,90	11,00
Rango Absoluto	21,60	21,20
ESTADÍSTICA	CH27	CH25
Moda	22	14
Mediana	23,40	19,7
Desviación Estándar	3,934	5,569
Número datos	15,526	15,527

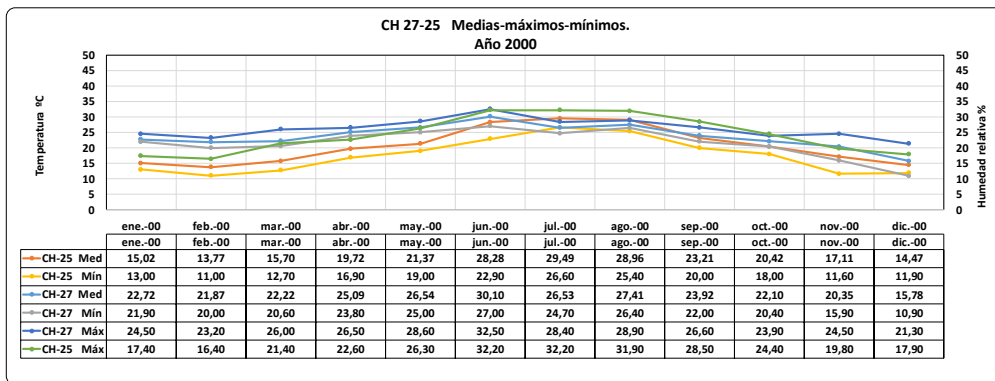
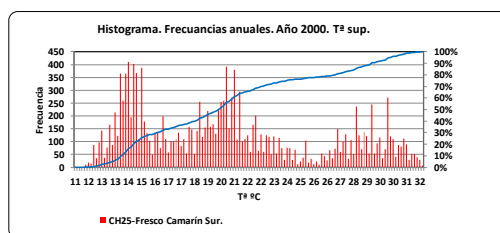
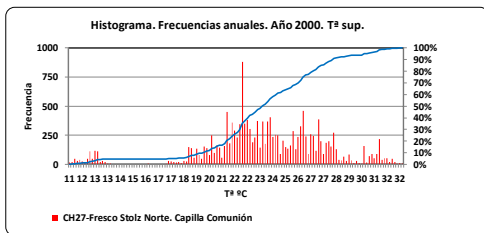
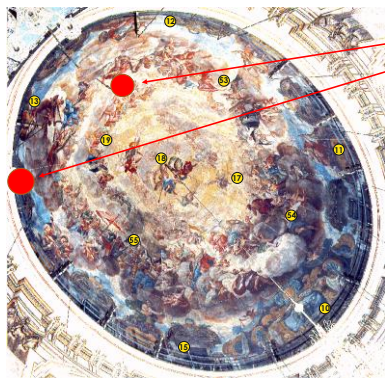


Tabla 4.18. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH27-25.

DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Superficie Fresco Palomino CH56-14							Basílica de la Virgen		
MES	CH-56 Med	CH-14 Med	CH-56 Min	CH-14 Min	CH-56 Máx	CH-14 Máx	DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Superficie Fresco Palomino CH56-14		
ene-00		18,25		16,60		20,50			
feb-00	16,52	16,93	13,00	13,00	19,00	19,50			
mar-00	17,47	17,97	14,90	15,10	22,10	22,70			
abr-00	20,58	20,82	18,00	17,90	22,50	23,20			
may-00	22,32	22,71	21,00	20,90	25,40	25,80			
jun-00	26,78	27,06	24,00	23,80	29,70	30,10			
jul-00	28,39	28,16	25,50	26,10	30,20	30,10			
ago-00	28,83	28,71	27,40	27,40	30,20	30,30			
sep-00	25,19	25,76	23,50	23,80	28,10	28,90			
oct-00	23,18	23,45	21,00	21,40	25,60	25,90			
nov-00	19,48	19,83	15,00	15,60	23,10	23,50			
dic-00	16,82	17,24	14,10	14,80	20,50	20,90			
MEDIA	22,32	22,24	19,76	19,70	25,13	25,12			
MÁX	28,83	28,71	27,40	27,40	30,20	30,30			
MÍN	16,52	16,93	13,00	13,00	19,00	19,50			

ENERO-FEBRERO-MARZO			JULIO-AGOSTO-SEPTIEMBRE		
MEDIOS	CH56	CH14	MEDIOS	CH56	CH14
Media	17,00	17,72	Media	27,47	27,54
Media de los máximos mensuales	20,55	20,90	Media de los máximos mensuales	29,50	29,77
Media de los mínimos mensuales	13,95	14,90	Media de los mínimos mensuales	25,47	25,77
Rango medio	6,60	6,00	Rango medio	4,03	4,00
EXTREMOS	CH56	CH14	EXTREMOS	CH56	CH14
Máximo Absoluto	22,10	22,70	Máximo Absoluto	30,20	30,30
Mínimo Absoluto	13,00	13,00	Mínimo Absoluto	23,50	23,80
Rango Absoluto	9,10	9,70	Rango Absoluto	6,70	6,50

ABRIL-MAYO-JUNIO			OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE		
MEDIOS	CH56	CH14	MEDIOS	CH56	CH14
Media	23,22	23,53	Media	19,83	20,17
Media de los máximos mensuales	25,87	26,37	Media de los máximos mensuales	23,07	23,43
Media de los mínimos mensuales	21,00	20,87	Media de los mínimos mensuales	16,70	17,27
Rango medio	4,87	5,50	Rango medio	6,37	6,17
EXTREMOS	CH56	CH14	EXTREMOS	CH56	CH14
Máximo Absoluto	29,70	30,10	Máximo Absoluto	25,60	25,90
Mínimo Absoluto	18,00	17,90	Mínimo Absoluto	14,10	14,80
Rango Absoluto	11,70	12,20	Rango Absoluto	11,50	11,10



DATOS ANUALES AÑO 2000		
MEDIOS	CH56	CH14
Media	22,32	22,24
Media de los máximos mensuales	25,13	25,12
Media de los mínimos mensuales	19,76	19,70
Rango medio	5,36	5,42
EXTREMOS	CH56	CH14
Máximo Absoluto	30,20	30,30
Mínimo Absoluto	13,00	13,00
Rango Absoluto	17,20	17,30
ESTADÍSTICA	CH56	CH14
Moda	17	17
Mediana	21,10	20,6
Desviación Estándar	4,581	4,3005
Número datos	15,494	10,886

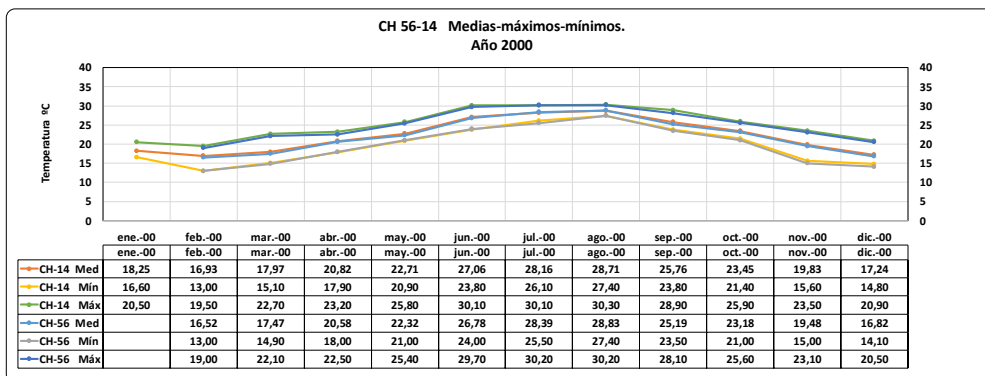
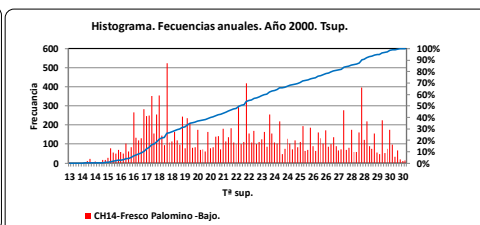
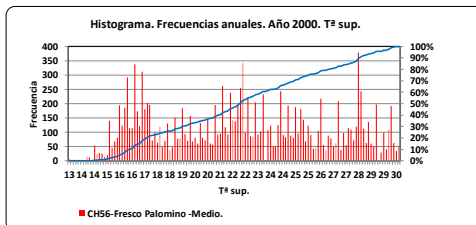
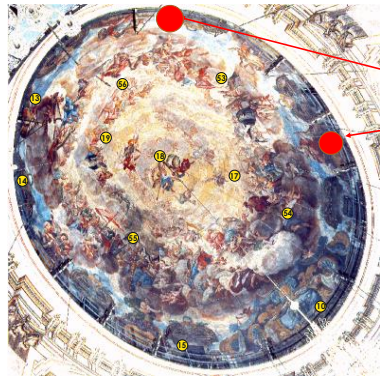


Tabla 4.19. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH56-14.

DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Superficie Fresco Palomino CH11-12							Basílica de la Virgen																																															
MES	CH-11 Med	CH-12 Med	CH-11 Min	CH-12 Min	CH-11 Máx	CH-12 Máx	DATOS ESTADÍSTICOS. AÑO 2000 Superficie Fresco Palomino CH11-12																																															
ene-00	17,45	17,79	16,00	16,00	20,00	23,20	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDIOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>16,95</td> <td>17,23</td> </tr> <tr> <td>Media de los máximos mensuales</td> <td>20,20</td> <td>21,27</td> </tr> <tr> <td>Media de los mínimos mensuales</td> <td>14,50</td> <td>14,63</td> </tr> <tr> <td>Rango medio</td> <td>5,70</td> <td>6,63</td> </tr> <tr> <th>EXTREMOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> <tr> <td>Máximo Absoluto</td> <td>21,70</td> <td>23,20</td> </tr> <tr> <td>Mínimo Absoluto</td> <td>13,00</td> <td>13,00</td> </tr> <tr> <td>Rango Absoluto</td> <td>8,70</td> <td>10,20</td> </tr> </tbody> </table>						MEDIOS	CH11	CH12	Media	16,95	17,23	Media de los máximos mensuales	20,20	21,27	Media de los mínimos mensuales	14,50	14,63	Rango medio	5,70	6,63	EXTREMOS	CH11	CH12	Máximo Absoluto	21,70	23,20	Mínimo Absoluto	13,00	13,00	Rango Absoluto	8,70	10,20															
MEDIOS	CH11	CH12																																																				
Media	16,95	17,23																																																				
Media de los máximos mensuales	20,20	21,27																																																				
Media de los mínimos mensuales	14,50	14,63																																																				
Rango medio	5,70	6,63																																																				
EXTREMOS	CH11	CH12																																																				
Máximo Absoluto	21,70	23,20																																																				
Mínimo Absoluto	13,00	13,00																																																				
Rango Absoluto	8,70	10,20																																																				
feb-00	16,29	16,55	13,00	13,00	18,90	18,80																																																
mar-00	17,10	17,37	14,50	14,90	21,70	21,80																																																
abr-00	19,98	20,28	17,50	17,80	22,70	22,50																																																
may-00	22,07	22,23	20,40	20,50	24,80	29,10																																																
jun-00	26,37	26,04	23,00	23,30	29,10	29,10																																																
jul-00	29,35	27,92	27,60	25,90	31,20	29,70																																																
ago-00	29,23	28,57	27,80	27,30	31,20	29,90																																																
sep-00	25,11	23,04	23,40	21,10	28,50	27,90																																																
oct-00	22,86	20,48	21,00	18,20	25,00	22,30																																																
nov-00	19,23	17,83	15,50	16,90	22,80	19,30																																																
dic-00	16,58	13,90	13,90	20,00																																																		
MEDIA	21,80	21,64	19,47	19,54	24,66	24,87	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDIOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>19,56</td> <td>19,15</td> </tr> <tr> <td>Media de los máximos mensuales</td> <td>22,60</td> <td>20,80</td> </tr> <tr> <td>Media de los mínimos mensuales</td> <td>16,80</td> <td>17,55</td> </tr> <tr> <td>Rango medio</td> <td>5,80</td> <td>3,25</td> </tr> <tr> <th>EXTREMOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> <tr> <td>Máximo Absoluto</td> <td>25,00</td> <td>22,30</td> </tr> <tr> <td>Mínimo Absoluto</td> <td>13,90</td> <td>16,90</td> </tr> <tr> <td>Rango Absoluto</td> <td>11,10</td> <td>5,40</td> </tr> </tbody> </table>						MEDIOS	CH11	CH12	Media	19,56	19,15	Media de los máximos mensuales	22,60	20,80	Media de los mínimos mensuales	16,80	17,55	Rango medio	5,80	3,25	EXTREMOS	CH11	CH12	Máximo Absoluto	25,00	22,30	Mínimo Absoluto	13,90	16,90	Rango Absoluto	11,10	5,40															
MEDIOS	CH11	CH12																																																				
Media	19,56	19,15																																																				
Media de los máximos mensuales	22,60	20,80																																																				
Media de los mínimos mensuales	16,80	17,55																																																				
Rango medio	5,80	3,25																																																				
EXTREMOS	CH11	CH12																																																				
Máximo Absoluto	25,00	22,30																																																				
Mínimo Absoluto	13,90	16,90																																																				
Rango Absoluto	11,10	5,40																																																				
MÁX	29,35	28,57	27,80	27,30	31,20	29,90	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDIOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>22,81</td> <td>22,85</td> </tr> <tr> <td>Media de los máximos mensuales</td> <td>25,53</td> <td>26,90</td> </tr> <tr> <td>Media de los mínimos mensuales</td> <td>20,30</td> <td>20,53</td> </tr> <tr> <td>Rango medio</td> <td>5,23</td> <td>6,37</td> </tr> <tr> <th>EXTREMOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> <tr> <td>Máximo Absoluto</td> <td>29,10</td> <td>29,10</td> </tr> <tr> <td>Mínimo Absoluto</td> <td>17,50</td> <td>17,80</td> </tr> <tr> <td>Rango Absoluto</td> <td>11,60</td> <td>11,30</td> </tr> </tbody> </table>						MEDIOS	CH11	CH12	Media	22,81	22,85	Media de los máximos mensuales	25,53	26,90	Media de los mínimos mensuales	20,30	20,53	Rango medio	5,23	6,37	EXTREMOS	CH11	CH12	Máximo Absoluto	29,10	29,10	Mínimo Absoluto	17,50	17,80	Rango Absoluto	11,60	11,30															
MEDIOS	CH11	CH12																																																				
Media	22,81	22,85																																																				
Media de los máximos mensuales	25,53	26,90																																																				
Media de los mínimos mensuales	20,30	20,53																																																				
Rango medio	5,23	6,37																																																				
EXTREMOS	CH11	CH12																																																				
Máximo Absoluto	29,10	29,10																																																				
Mínimo Absoluto	17,50	17,80																																																				
Rango Absoluto	11,60	11,30																																																				
MIN	16,29	16,55	13,00	13,00	18,90	18,80	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDIOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>21,80</td> <td>21,64</td> </tr> <tr> <td>Media de los máximos mensuales</td> <td>24,66</td> <td>24,87</td> </tr> <tr> <td>Media de los mínimos mensuales</td> <td>19,47</td> <td>19,54</td> </tr> <tr> <td>Rango medio</td> <td>5,19</td> <td>5,34</td> </tr> <tr> <th>EXTREMOS</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> <tr> <td>Máximo Absoluto</td> <td>31,20</td> <td>29,90</td> </tr> <tr> <td>Mínimo Absoluto</td> <td>13,00</td> <td>13,00</td> </tr> <tr> <td>Rango Absoluto</td> <td>18,20</td> <td>16,90</td> </tr> <tr> <th>ESTADÍSTICA</th> <th>CH11</th> <th>CH12</th> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>17</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>21,10</td> <td>20,6</td> </tr> <tr> <td>Desviación Estándar</td> <td>4,581</td> <td>4,3005</td> </tr> <tr> <td>Número datos</td> <td>15,494</td> <td>10,886</td> </tr> </tbody> </table>						MEDIOS	CH11	CH12	Media	21,80	21,64	Media de los máximos mensuales	24,66	24,87	Media de los mínimos mensuales	19,47	19,54	Rango medio	5,19	5,34	EXTREMOS	CH11	CH12	Máximo Absoluto	31,20	29,90	Mínimo Absoluto	13,00	13,00	Rango Absoluto	18,20	16,90	ESTADÍSTICA	CH11	CH12	Moda	17	17	Mediana	21,10	20,6	Desviación Estándar	4,581	4,3005	Número datos	15,494	10,886
MEDIOS	CH11	CH12																																																				
Media	21,80	21,64																																																				
Media de los máximos mensuales	24,66	24,87																																																				
Media de los mínimos mensuales	19,47	19,54																																																				
Rango medio	5,19	5,34																																																				
EXTREMOS	CH11	CH12																																																				
Máximo Absoluto	31,20	29,90																																																				
Mínimo Absoluto	13,00	13,00																																																				
Rango Absoluto	18,20	16,90																																																				
ESTADÍSTICA	CH11	CH12																																																				
Moda	17	17																																																				
Mediana	21,10	20,6																																																				
Desviación Estándar	4,581	4,3005																																																				
Número datos	15,494	10,886																																																				



CH14-56

DATOS ANUALES AÑO 2000		
MEDIOS	CH11	CH12
Media	21,80	21,64
Media de los máximos mensuales	24,66	24,87
Media de los mínimos mensuales	19,47	19,54
Rango medio	5,19	5,34
EXTREMOS	CH11	CH12
Máximo Absoluto	31,20	29,90
Mínimo Absoluto	13,00	13,00
Rango Absoluto	18,20	16,90
ESTADÍSTICA	CH11	CH12
Moda	17	17
Mediana	21,10	20,6
Desviación Estándar	4,581	4,3005
Número datos	15,494	10,886

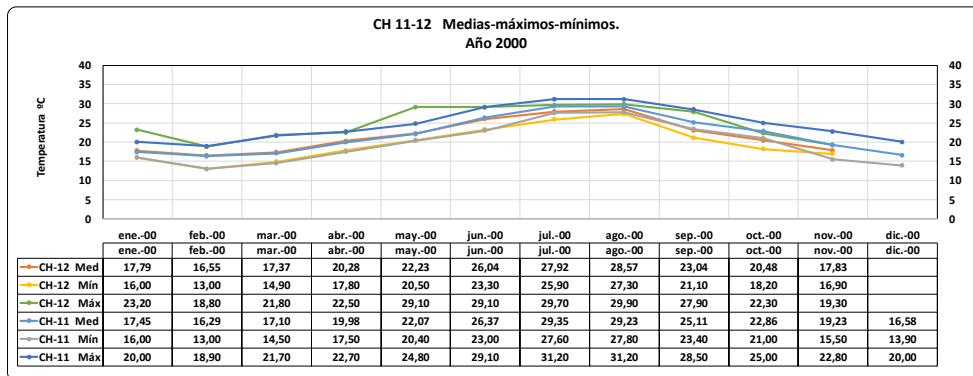
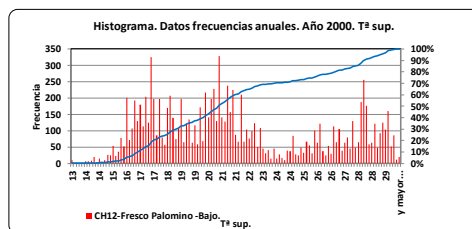
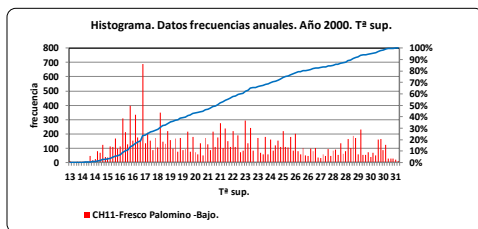


Tabla 4.20. Resumen datos estadísticos y gráficas correspondientes. CH11-12.

Del análisis pormenorizado de las tablas resumen mensuales (ver anexos), se obtienen los valores estadísticos más representativos de los parámetros ambientales medidos en la zona media de la cúpula, correspondientes al sensor CH 38-48. (Tabla 4.21).

TEMPERATURA CÚPULA °C CH48								HUMEDAD RELATIVA CÚPULA % CH38							
MEDIA MES	MEDIA MES MAX. DÍA	MEDIA MES MIN. DÍA	MÁXIMA MES	MÍNIMA MES	MED(máx)-MED(mín)	MÁX-MÍN		MEDIA MES	MEDIA MES MAX. DÍA	MEDIA MES MIN. DÍA	MÁXIMA MES	MÍNIMA MES	MED(máx)-MED(mín)	MÁX-MÍN	
ENERO 2000	17,5	18,8	16,4	20,5	15,1	2,4	5,4	60,5			68,2	52,2		16,0	
FEBRERO 2000	15,98	17,49	14,7	19,47	11,9	2,8	7,6	49,84	53,94	45,38	69,4	37,69	8,6	31,7	
MARZO 2000	16,69	18,2	15,3	22,92	14	2,9	8,9	53,63	57,9	49,36	65,34	41,23	8,5	24,1	
ABRIL 2000	19,98	21,27	18,9	23,31	16,12	2,4	7,2	55,06	59,1	50,4	65,57	38,11	8,7	27,5	
MAYO 2000	21,94	23,58	20,9	25,72	19,64	2,7	6,1	52,37	56,8	48,5	64,9	37,58	8,3	27,3	
JUNIO 2000	26,05	27,11	24,9	30,04	22,19	2,2	7,9	54,14	59,49	49,56	65,5	35,96	9,9	29,5	
JULIO 2000	28,2	29,1	27,2	30,85	25,73	1,9	5,1	56,05	60,3	51,02	63,92	35,4	9,3	28,5	
AGOSTO 2000	28,46	29,1	27,7	30,51	26,51	1,4	4,0	56,97	60,67	52,8	64,5	41,79	7,9	22,7	
SEPTIEMBRE 2000	24,47	25,3	23,9	28	21,54	1,4	6,5	56,01	60,8	51,69	69,01	43,01	9,1	26,0	
OCTUBRE 2000	22,51	23,4	21,7	25,71	20,06	1,7	5,7	55,51	60,3	51,6	67,61	40,61	8,7	27,0	
NOVIEMBRE 2000	18,85	19,9	17,8	23	13,35	2,1	9,7	56,28	60,5	52,2	66,73	45,88	8,3	20,9	
DICIEMBRE 2000	16,44	17,1	15,8	20,7	13,68	1,3	7,0	59,33	63,2	56,3	73,2	45,48	6,9	27,7	
PROMEDIO ANUAL	21,4	22,5	20,4	25,1	18,3	2,1	6,7	55,5	59,4	50,8	67,0	41,2	8,6	25,7	
Ene-Feb-Mar 2000	16,71	18,17	15,47	20,97	13,67	2,71	7,30	54,65	55,92	47,37	67,66	43,71	8,55	23,94	
Abr-May-Jun 2000	22,65	23,99	21,57	26,36	19,32	2,42	7,04	53,85	58,46	49,49	65,32	37,22	8,98	28,11	
Jul-Ago-Sep 2000	27,05	27,83	26,27	29,79	24,59	1,57	5,19	56,35	60,59	51,84	65,81	40,07	8,75	25,74	
Oct-Nov-Dic 2000	19,26	20,13	18,43	23,14	15,70	1,70	7,44	57,04	61,33	53,37	69,18	43,99	7,97	25,19	

Tabla 4.21. Estadística anual de temperatura y humedad relativa en ambiente cúpula.

En las tablas 4.22 y 4.23 de las páginas siguientes se muestran los valores de oscilaciones máximas correspondientes a la temperatura y la humedad relativa, en periodos mensuales, diarios y horarios de: cúpula principal, ambiente exterior y superficie frescos. Estos datos y otros relativos a las fluctuaciones de los mismos, se emplearán más adelante en el análisis de riegos.

OSCILACIÓN TEMPERATURA												
OSC. MENSUAL			OSCILACIÓN DIARIA						OSC. HORARIA			
CH48 CÚPULA	CH56 FRESCO PALOMINO	CH42 EXT.	MAX. CÚPULA	MED. CÚPULA	MAX. FRESCO PALOMINO	MED. FRESCO PALOMINO	MAX. EXT.	MED. EXT.	MAX. CÚPULA	MAX. FRESCO PALOMINO	MAX. EXT.	
ENERO 2000	5,4	21,54	3,4	2,2				13,30	5,05	1,52		6,80
FEBRERO 2000	7,57	6	27,31	5,06	5,13	3,5	3,85	16,95	9,13	1,42	1,4	7,3
MARZO 2000	8,92	7,2	23,16	6,5	4,45	6,25	4,8	15,4	8,86	1,56	1,45	6,9
ABRIL 2000	7,19	4,5	20,44	4,92	4,02	3,6	3,1	10,13	7,52	1,17	0,6	4,92
MAYO 2000	6,08	4,4	16,86	3,83	2,43	3,1	2,6	7,6	6,1	1,35	0,95	6,1
JUNIO 2000	7,85	5,7	18,11	4,8	4,4	4,4	4	8,5	7,6	1,52	1	4,9
JULIO 2000	5,12	4,7	16,38	3,51	3,39	2,65	2,6	8	5,39	1,34	1	5,8
AGOSTO 2000	4	2,8	16,45	2,3	2,4	2,1	2,3	9,27	5	0,74	0,8	3,1
SEPTIEMBRE 2000	6,46	4,6	18,47	3,4	3,9	3,7	3,6	13,83	5,9	0,97	1,1	4,2
OCTUBRE 2000	5,65	4,6	24,03	3,5	3,8	3,1	3,8	15,43	7,48	0,92	0,95	7,59
NOVIEMBRE 2000	9,65	8,1	25,85	7,4	6,7	7,25	6,6	22,01	9,8	1,21	0,75	7,86
DICIEMBRE 2000	7,02	6,4	25,81	6,3	5	6,05	5,15	19,2	9,42	0,89	0,8	6,8
PROMEDIO ANUAL	6,7	5,4	21,2	4,6	4,0	4,2	3,9	13,3	7,3	1,2	1,0	6,0
Ene-Feb-Mar 2000	7,30	6,60	24,00	4,98	3,94	4,88	4,33	15,22	7,68	1,50	1,43	7,00
Abr-May-Jun 2000	7,04	4,87	18,47	4,52	3,62	3,70	3,23	8,74	7,07	1,35	0,85	5,31
Jul-Ago-Sep 2000	5,19	4,03	17,10	3,07	3,23	2,82	2,83	10,37	5,43	1,02	0,97	4,37
Oct-Nov-Dic 2000	7,44	6,37	25,23	5,73	5,17	5,47	5,18	18,88	8,90	1,01	0,83	7,42

Tabla 4.22. Oscilaciones mensuales, diarias y horarias de temperatura en varias zonas.

OSCILACIÓN HUMEDAD RELATIVA									
OSC. MENSUAL			OSCILACIÓN DIARIA				OSC. HORARIA		
CH38 CÚPULA	CH32 EXT.		MAX. CÚPULA	MED. CÚPULA	MAX. EXT.	MED. EXT.	MAX. CÚPULA	MAX. EXT.	
ENERO 2000	16,0	56,07			26,00	43,00		16,30	
FEBRERO 2000	31,71	58,18	28,62	25,77	45,6	40,1	8,45	23,7	
MARZO 2000	24,11	54,2	15,54	17,83	27,6	38,2	6,29	17,95	
ABRIL 2000	27,46	54,81	16,63	23,25	24,8	43,66	8,17	17,97	
MAYO 2000	27,32	59,33	17,14	21,06	40	30,7	5,99	19,3	
JUNIO 2000	29,54	50,11	15,85	23,2	20,6	31,4	6,22	16,06	
JULIO 2000	28,52	52,6	19,95	24,1	35,1	27,9	5,8	14,6	
AGOSTO 2000	22,71	38,88	5,21	17	12	16,6	10,12	15,1	
SEPTIEMBRE 2000	26	57,78	22,62	20,65	36,76	32,12	6,32	14,99	
OCTUBRE 2000	27	54,48	22,46	20,92	34,88	37,6	7,12	17,93	
NOVIEMBRE 2000	20,85	59,5	17,2	14,31	30,7	46,5	5,2	24,15	
DICIEMBRE 2000	27,72	57,32	18,57	23,08	28,5	41	5,1	20,2	
PROMEDIO ANUAL	25,7	54,4	18,2	21,0	30,2	35,7	6,8	18,2	
Ene-Feb-Mar 2000	23,94	56,15	22,08	21,80	33,07	40,43	7,37	19,32	
Abr-May-Jun 2000	28,11	54,75	16,54	22,50	28,47	35,25	6,79	17,78	
Jul-Ago-Sep 2000	25,74	49,75	15,93	20,58	27,95	25,54	7,41	14,90	
Oct-Nov-Dic 2000	25,19	57,10	19,41	19,44	31,36	41,70	5,81	20,76	

Tabla 4.23. Oscilaciones mensuales, diarias y horarias de los parámetros de humedad relativa en varias zonas de la Basílica de la Virgen.

4.4.2.- Análisis de riesgos ambientales.

En este punto aplicaremos las normativas y recomendaciones de otros autores para describir los principales riesgos a los que está sometido el ambiente interior de la Basílica de la Virgen. Es posible establecer los principios generales que deben seguir los responsables de conservación y técnicos para una correcta conservación del Patrimonio Cultural. Tomaremos como base las definiciones y rangos indicados en el capítulo 2 para evaluar los diferentes tipos de riesgos.

Aplicación de normativa específica.

Para establecer los límites o rangos de variables ambientales para evitar los riesgos sobre los Bienes Culturales, vamos a aplicar las normas europeas específicas de conservación del Patrimonio Cultural, ya en la legislación española (UNE-EN 15757:2011). Las especificaciones de temperatura y humedad relativa son más flexibles en estas normas, como sucede también con los grados de control climático del ASHRAE. Estas nuevas normativas y/o recomendaciones suponen el reconocimiento de que los objetos (obras de arte) tienen un rango dentro del cual toleran las fluctuaciones sin daño.

Cúpula central. Aplicación de la Norma UNE-EN 15757:2011. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.

Según la norma, el clima interior se define mediante los niveles medios y por la variabilidad de la temperatura y de la humedad relativa. Estos datos se representan en términos de:

- a) Nivel medio sobre un periodo de tiempo seleccionado.
- b) Ciclos estacionales.
- e) Fluctuaciones a corto plazo.

El ciclo estacional se obtiene calculando, para cada lectura, la media móvil (MA, Moving Average) central. Las fluctuaciones de corta duración se calculan como la diferencia entre la lectura de la humedad relativa en curso y la media móvil (MA) del día 30 calculada para esa lectura, como se ha descrito en capítulos anteriores. Así se tiene en cuenta la variabilidad estacional natural. Por último se determina el intervalo de referencia. Los límites inferior y superior del intervalo de referencia de las fluctuaciones de la humedad relativa se determinan, respectivamente, como los percentiles 7º y 93º de las fluctuaciones registradas en el periodo de monitorización.

De esta manera se excluye el 14% de las fluctuaciones mayores, de mayor riesgo, aplicándose los cortes igualmente a las crestas y a los valles de la humedad relativa limitando los entornos excesivamente húmedos o secos. (UNE-EN 15757). Figura 4.81.

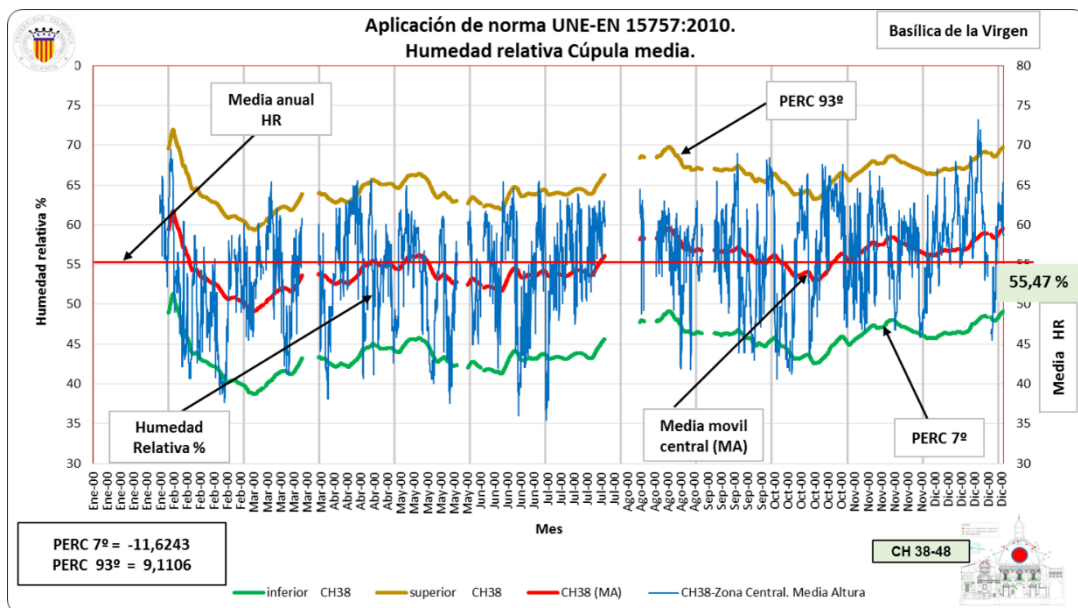


Figura 4.81. Valores e intervalo referencia de humedad relativa ambiente interior. Percentiles 93º y 7º. Basílica de la Virgen.

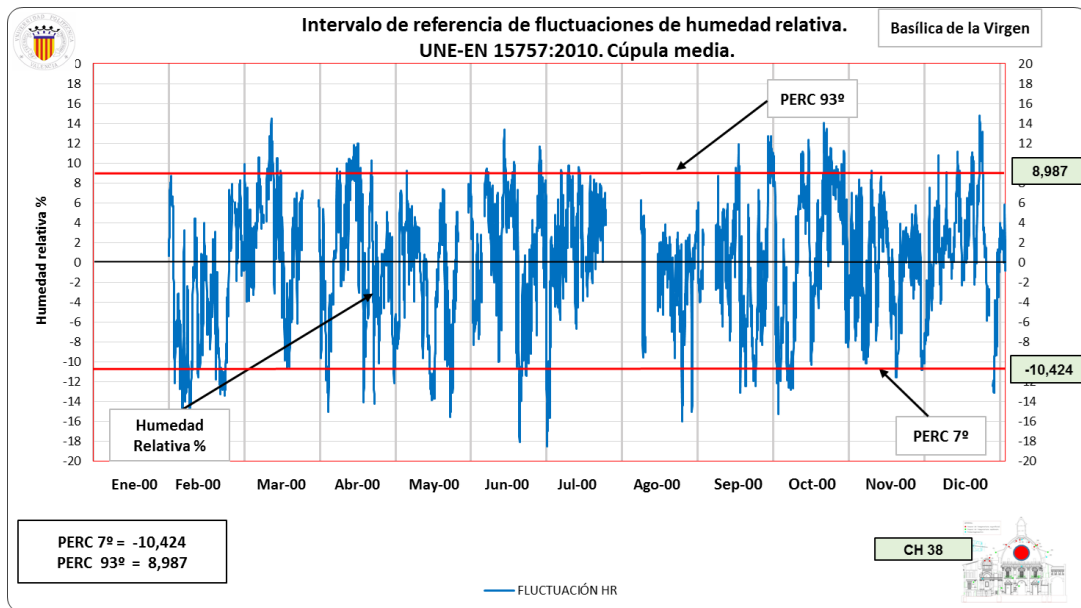


Figura 4.81. Valores e intervalo referencia de humedad relativa ambiente interior.
Percentiles 93º y 7º. Basílica de la Virgen.

En la gráficas se observan los rangos seguros de humedad relativa obtenidos de la adición de la fluctuación a corto plazo positiva y negativa a la media móvil (MA 30 días). Estos rangos limitan los valores instantáneos de la HR a lo largo del ciclo de enero a diciembre de 2000. En este caso se obtiene el intervalo recomendable según la norma de:

- +8.987% y -10.424% para la humedad relativa.

Según la norma UNE, se puede definir este rango de variación como seguro y debería respetarse en el futuro, especialmente en el caso de la instalación de sistemas de calefacción o climatización, para evitar daños a los materiales de los elementos ornamentales. El enfoque de esta norma es poco exigente con los ciclos estacionales, no imponiendo ningún límite claro. Por el contrario los límites resultantes de la eliminación del 14% de las máximas fluctuaciones, pueden resultar excesivos para iglesias situadas en climas más benignos como el mediterráneo.

En nuestro caso, la Basílica de la Virgen se encuentra situada en un clima templado y no posee instalaciones de calefacción, pero las importantes fluctuaciones de los

parámetros ambientales en la zona central, debidas a la afluencia masiva de fieles y visitantes, hacen que la aplicación de la norma sea correcta. Como se describió en el apartado correspondiente a la propuesta de climatización de la Basílica, el sistema a proyectar, debería poder responder a las exigencias de la norma aplicada y mantener las fluctuaciones de humedad relativa y temperatura dentro de los límites indicados.

Cúpula central. Riesgos de cristalización/hidratación de sales solubles.

Como indicamos en el capítulo 2, los ciclos de cristalización-delicuescencia de las sales solubles se inducen por pequeñas variaciones de temperatura y humedad. En base a las sales encontradas en las eflorescencias de las pinturas murales de la Basílica, procederemos a evaluar las condiciones ambientales interiores para determinar posibles situaciones de riesgo. La condición de sobresaturación y precipitación se da cuando la humedad relativa del aire, en equilibrio con la disolución real es igual o menor, a la humedad relativa del aire en equilibrio con la disolución saturada.

$$HR \leq HReq$$

Estudiaremos los posibles ciclos de transición de la halita y la mirabilita, ya que estas dos sales representan en general el comportamiento de sistemas anhidros (HCl) e hidratados ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y del yeso.

La delicuescencia de la halita sal (cloruro de sodio) se produce a 75,3% RH y es independiente de la temperatura. Como podemos comprobar, durante todo el periodo de medición, las condiciones de la cúpula central son favorables para que se mantenga la halita en forma cristalizada ($HR < 75,3\%$), siendo la $HR < HReq$ de la sal. No se contabilizarían por tanto transiciones de sal cristalizada a disuelta

La transición de las sales hidratadas como la mirabilita depende tanto de la temperatura como de la humedad relativa. La transición de la thenardita (Na_2SO_4)

- mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) se produce cuando la humedad relativa aumenta a través de los valores descritos por:

$$\text{HR}_{\text{eq}} = 0.87549T + 59.11 \text{ donde } 0 < T < 22,5^\circ\text{C}$$

Aplicando la formulación a los datos ambientales del interior de la cúpula central, obtenemos la gráfica de la figura 4.82. Podemos observar como la HR del ambiente interior no alcanza en ningún momento la humedad de equilibrio de la sal en las zonas sombreadas de amarillo (zonas A), por lo que las condiciones son favorables para que se mantenga la forma cristalizada de estas sales, sin contabilizar transiciones de fase entre estado anhidro e hidratado.

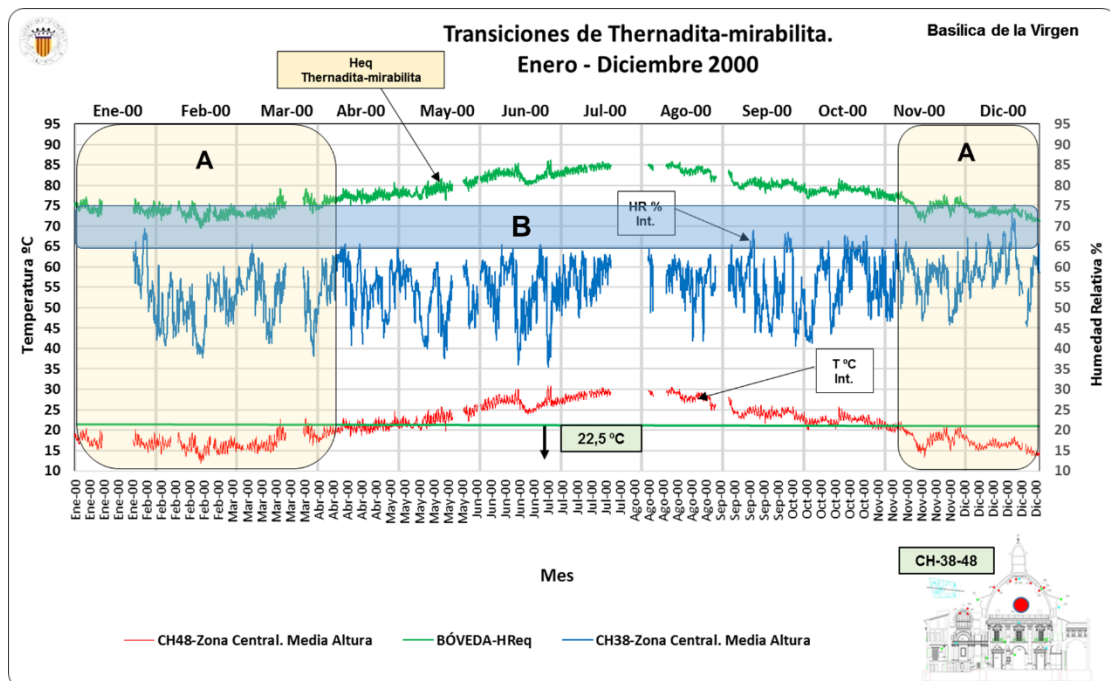


Figura 4.82. Evaluación de riesgo de transición de fase de la thernadita-mirabilita y yeso. HR ambiente cúpula centro. Basílica de la Virgen.

La cristalización de yeso se caracteriza por el crecimiento de nuevos cristales en las superficies, y se correlaciona con las pequeñas variaciones de humedad relativa de $\pm 2,5\%$, dentro del rango 65 a 75% HR en el ambiente interior, representado por la zona sombreada azul (zona B) en la gráfica anterior. Comprobamos como solamente en los meses de septiembre, octubre y diciembre se dan claramente estas circunstancias.

Cúpula central. Análisis riesgo por biodeterioro.

El límite de humedad relativa generalmente citado para evitar el crecimiento de los hongos es el 65%. (Caneva, G. et al., 1994). Por debajo de este límite, los hongos no crecerán independientemente de la temperatura. Ajustando el rango de humedad relativa para zona de riesgo, a valores por encima de 65% HR, comprobamos como los periodos estivales son las épocas donde los dos factores determinantes ($HR > 65\%$ y $T^a > 25^{\circ}C$) presentan sus zonas de riesgo "R". Figura 4.83.

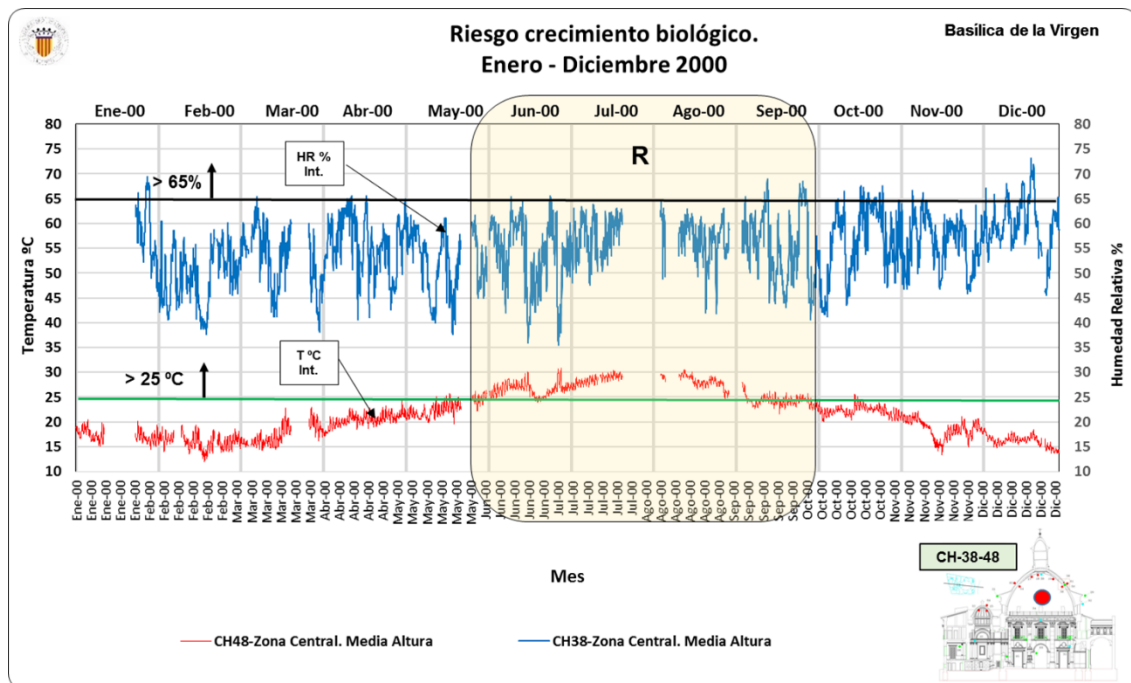


Figura 4.83. Evolución temperatura y HR ambientales. Zonas de riesgo de crecimiento biológico. Cúpula centro. Basílica de la Virgen.

Con la representación gráfica de nube de puntos de estos valores, figura 4.84, se obtienen los porcentajes temporales de niveles de riesgo. En este caso un 0.36% del tiempo nos encontramos en situación de riesgo (zona R), es decir no existe en general riesgo de crecimiento biológico generado por las condiciones ambientales

interiores. Si admitimos nuevos límites superiores empleando el 70% en HR y 30°C de temperatura ambiente, vemos como no existe periodo de riesgo. Figura 4.85.

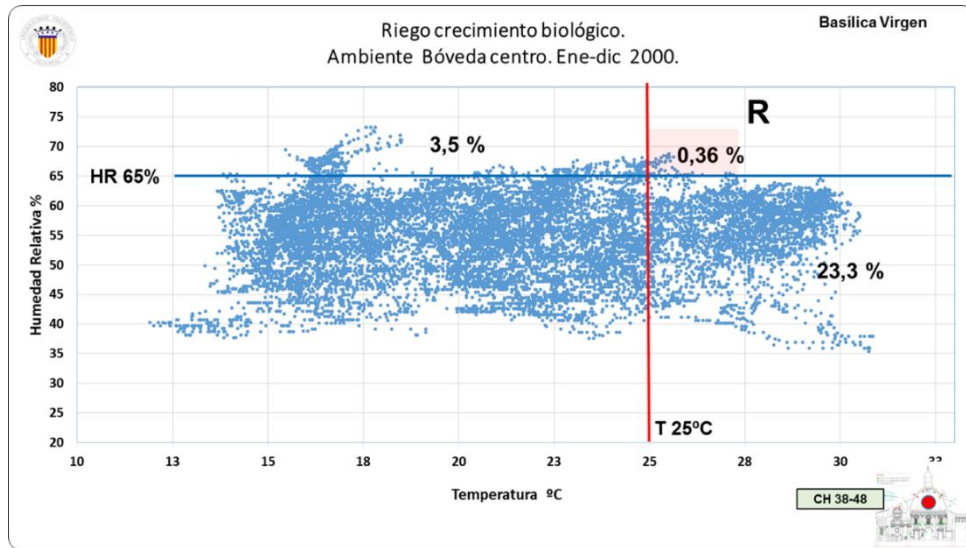


Figura 4.84. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 65% HR – 25°C. Cúpula centro. Basílica de la Virgen.

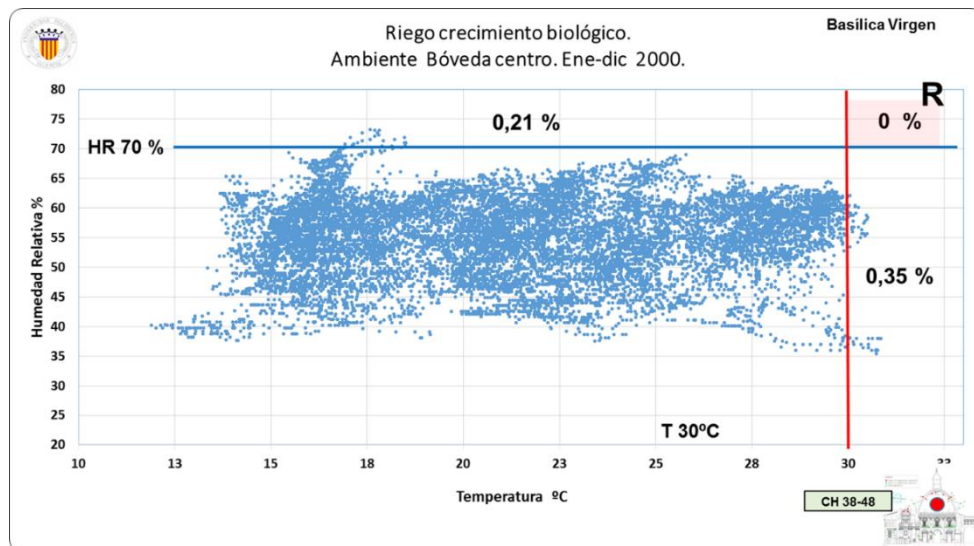


Figura 4.85. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 70% HR – 30°C. Cúpula centro. Basílica de la Virgen.

Cúpula central. Aplicación recomendaciones ASHRAE

Para la evaluación del riesgo de los elementos ornamentales en general contenidos en la zona central de la Basílica, vamos a emplear los grados de control climático de ASHRAE. Mostramos primero en las gráficas los grados de control B y C de ASHRAE, más específicos para edificios históricos, sin las exigencias tan estrictas de grados AA o A.

El grado B (figura 4.86) permite a corto plazo fluctuaciones de $\pm 10\%$ HR y $\pm 5^{\circ}\text{C}$, sin elevar la temperatura por encima de 30°C . Este grado supone un bajo riesgo para la mayoría de las pinturas. La zona de seguridad “B” se encuentra sombreada. En nuestro caso, se observa como solamente las máximas oscilaciones horarias cumplen con este requisito, quedando fuera de rango las oscilaciones diarias y mensuales.

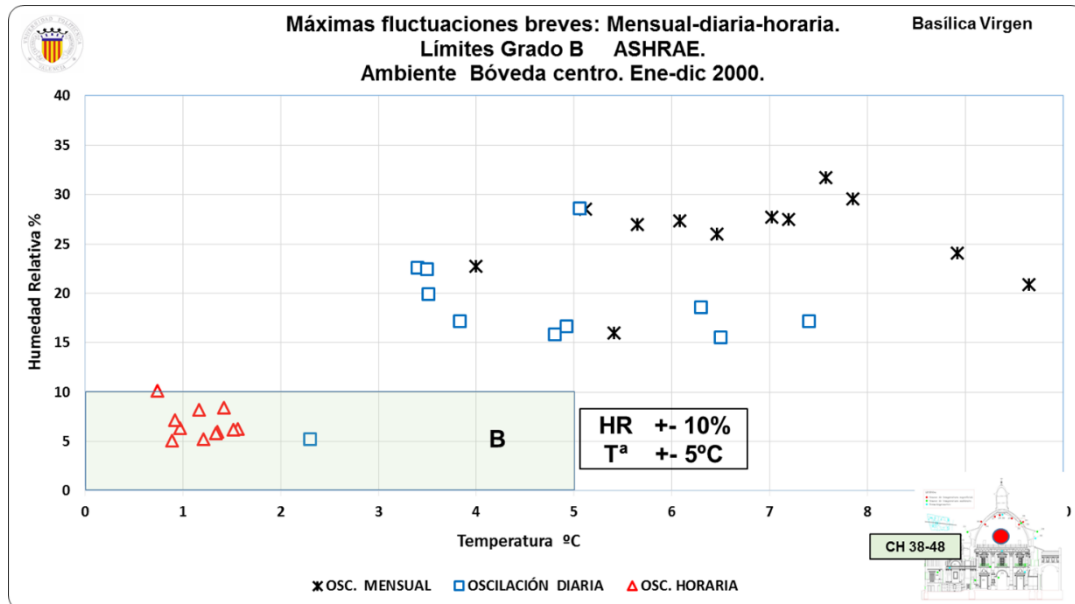


Figura 4.86. Máximas fluctuaciones breves mensual-diaria-horaria. Límites grado B. ASHRAE. Cúpula principal. Basílica de la Virgen.

Las limitaciones del grado C (figura 4.87) permite rangos de HR dentro de 25-75% y la temperatura raramente sobre 30°C y generalmente por encima de 25°C. Podemos comprobar como las limitaciones de HR son absolutamente respetadas, por el contrario, se alcanzan durante un 23,3% del tiempo anual valores de temperatura por encima de 25°C, zona "R". Este grado C reconoce que la mayoría del potencial daño microclimático incontrolado puede prevenirse simplemente evitando excesos de humedad.

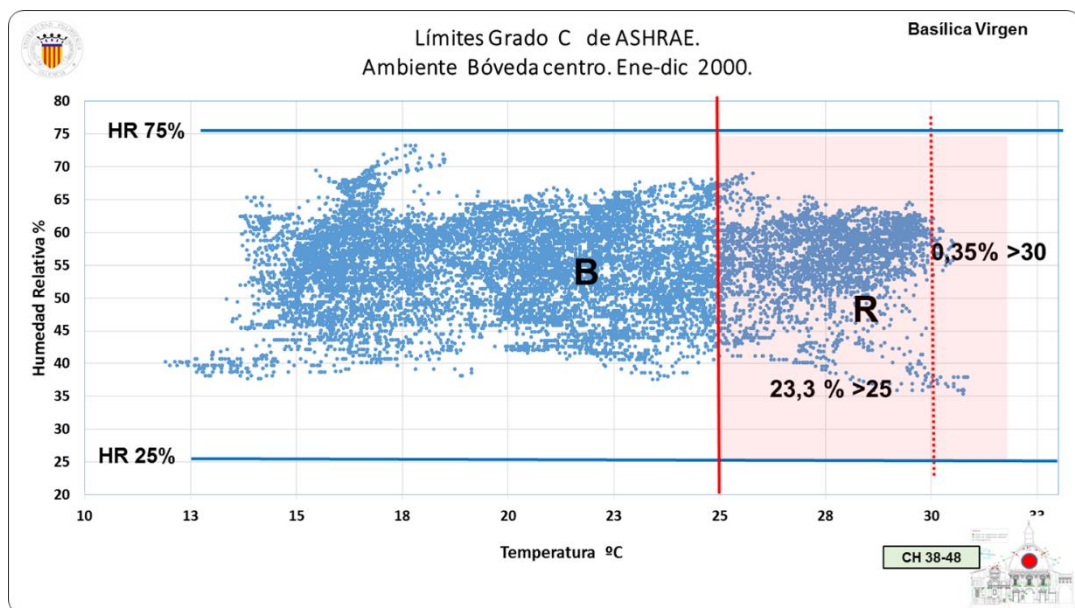


Figura 4.87. Límites de grado C ASHRAE. HR y Tª interior cúpula centro. Basílica de la Virgen.

Capilla de la Comunidad. Riesgos de cristalización/hidratación de sales solubles.

Para la transición de la thenardita (Na_2SO_4) - mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), aplicamos la formulación anterior a los datos ambientales del interior de la Capilla de la Comunidad, obtenemos la gráfica de la figura 4.88. Podemos observar como la HR del ambiente interior no alcanza en ningún momento la humedad de equilibrio de la sal en las zonas sombreadas de amarillo (zonas A), por lo que las condiciones son favorables para que se mantenga la forma cristalizada de estas sales, sin contabilizar transiciones de fase entre estado anhidro e hidratado.

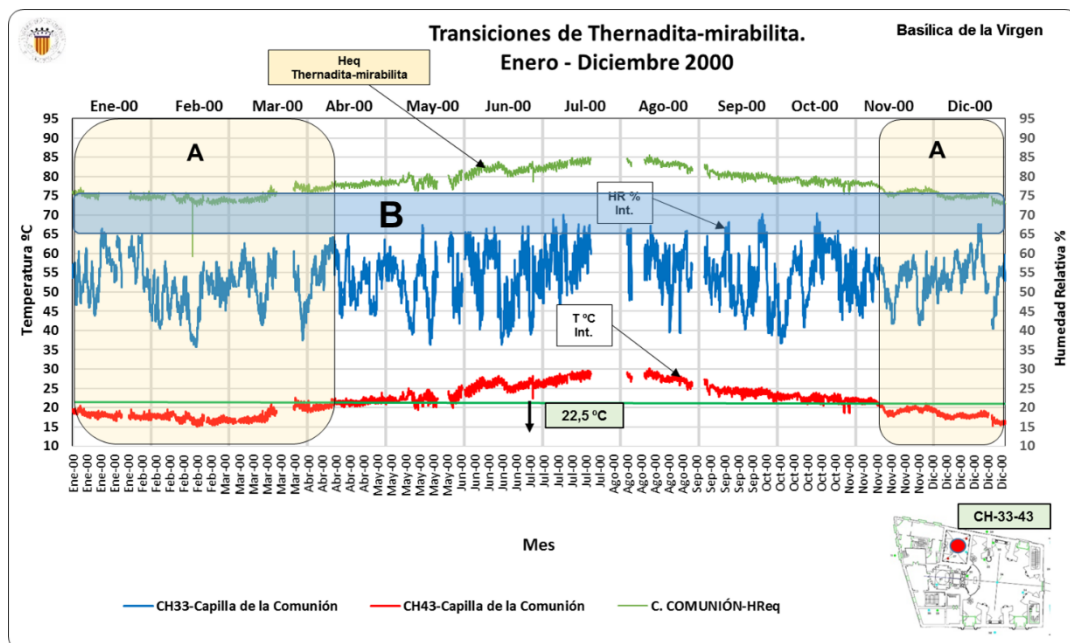


Figura 4.88. Evaluación de riesgo de transición de fase de thenardita-mirabilita y yeso. HR ambiente Capilla Comunidad. Basílica de la Virgen.

Como podemos comprobar, durante todo el periodo de medición, las condiciones de la Capilla de la Comunidad son favorables para que se mantenga la halita en forma cristalizada ($\text{HR} < 75,3\%$). En el caso del yeso solamente en los meses de julio, septiembre y octubre se dan claramente estas circunstancias para la posible cristalización (zona B).

Capilla de la Comunidad. Análisis riesgo por biodeterioro.

Ajustando el rango de humedad relativa para zona de riesgo, a valores por encima de 65% HR, comprobamos como los periodos estivales son las épocas donde los dos factores determinantes ($HR > 65\%$ y $T^a > 25^{\circ}C$) presentan sus zonas de riesgo “R”, al igual que sucedía con el ambiente de la cúpula central. Figura 4.89.

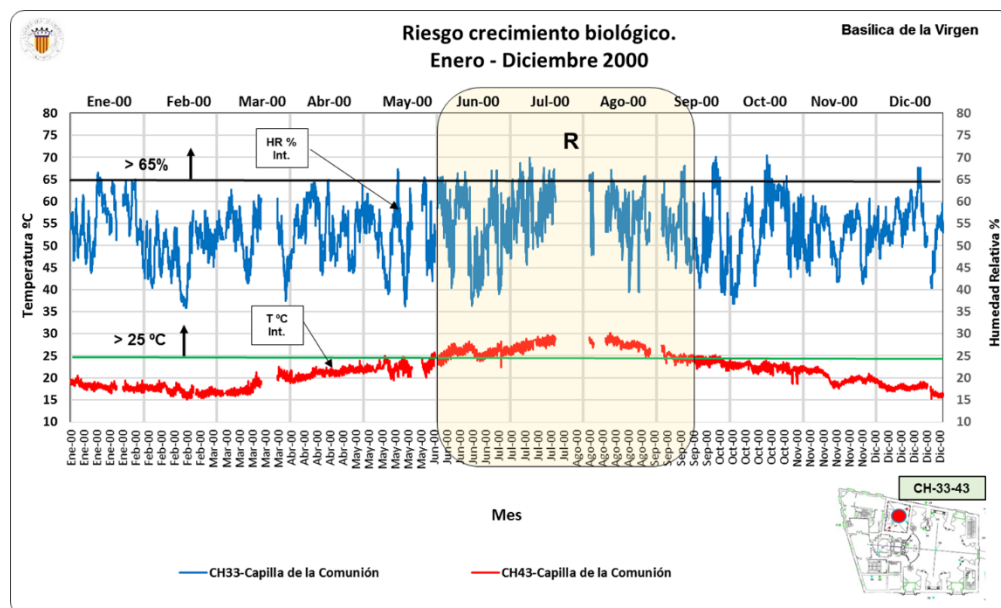


Figura 4.89. Evaluación de riesgo biológico. HR y T^a ambiente Capilla Comunidad. Basílica de la Virgen.

Con la representación gráfica de nube de puntos de estos valores, figura 4.90, se obtienen los porcentajes temporales de niveles de riesgo. En este caso un 1,11% del tiempo nos encontramos en situación de riesgo (zona R), es decir no existe en general riesgo de crecimiento biológico generado por las condiciones ambientales interiores. Si admitimos nuevos límites superiores empleando el 70% en HR y 30°C de temperatura ambiente, vemos como no existe periodo de riesgo. Figura 4.91.

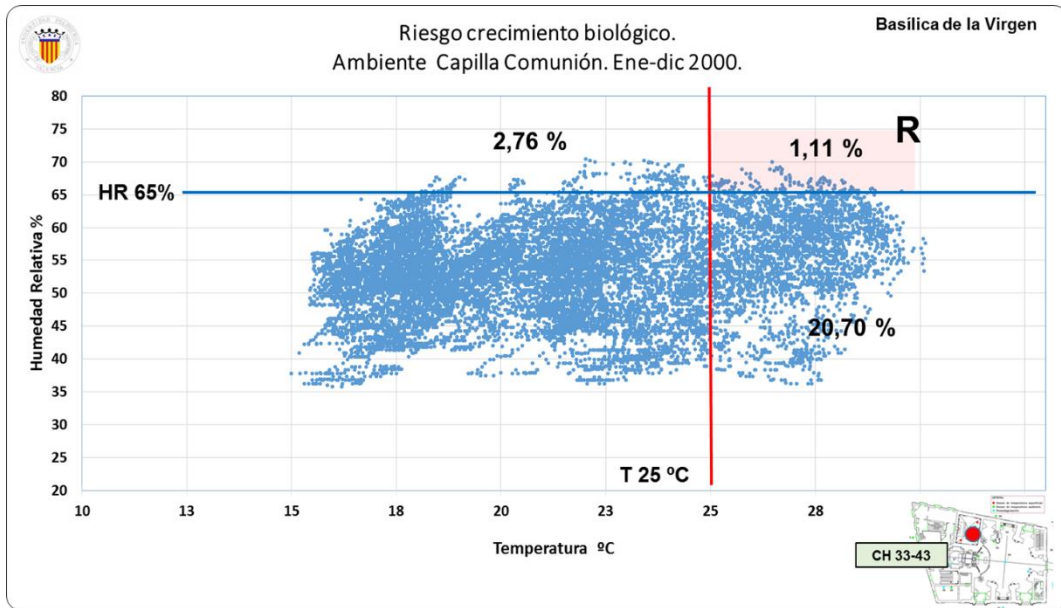


Figura 4.90. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 65% HR – 25°C. Capilla de la Comunión. Basílica de la Virgen.

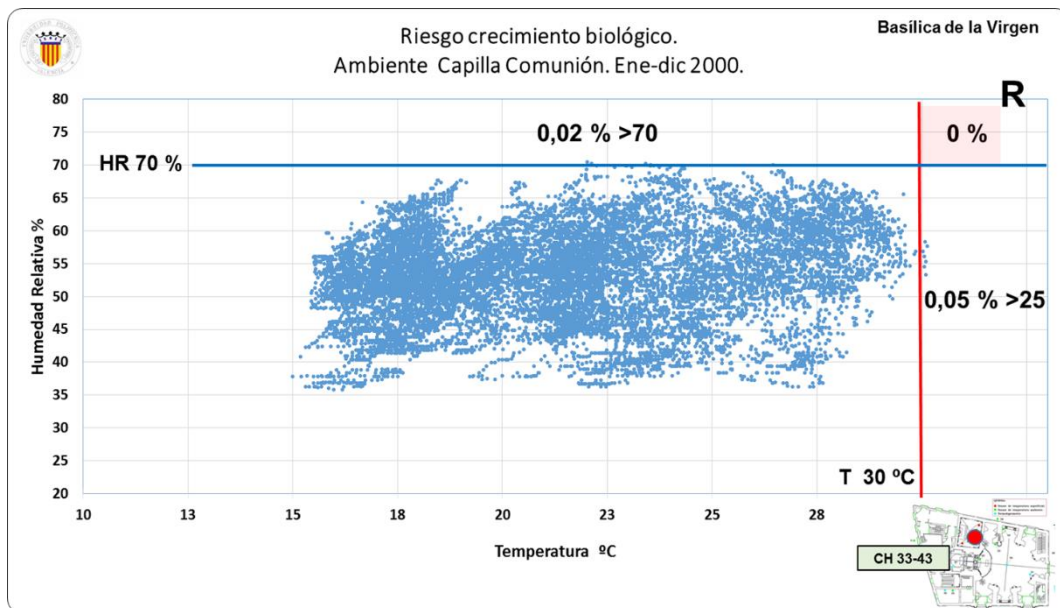


Figura 4.91. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 70% HR – 30°C. Capilla de la Comunión. Basílica de la Virgen.

Capilla de la Comunidad. Aplicación recomendaciones ASHRAE

Vamos aplicar las limitaciones del grado C. Podemos comprobar como las limitaciones de HR son absolutamente respetadas, por el contrario, se alcanzan durante un 20,7% del tiempo anual valores de temperatura por encima de 25°C, zona “R”. Este grado C reconoce que la mayoría del potencial daño microclimático incontrolado puede prevenirse simplemente evitando excesos de humedad. (Figura 4.92).

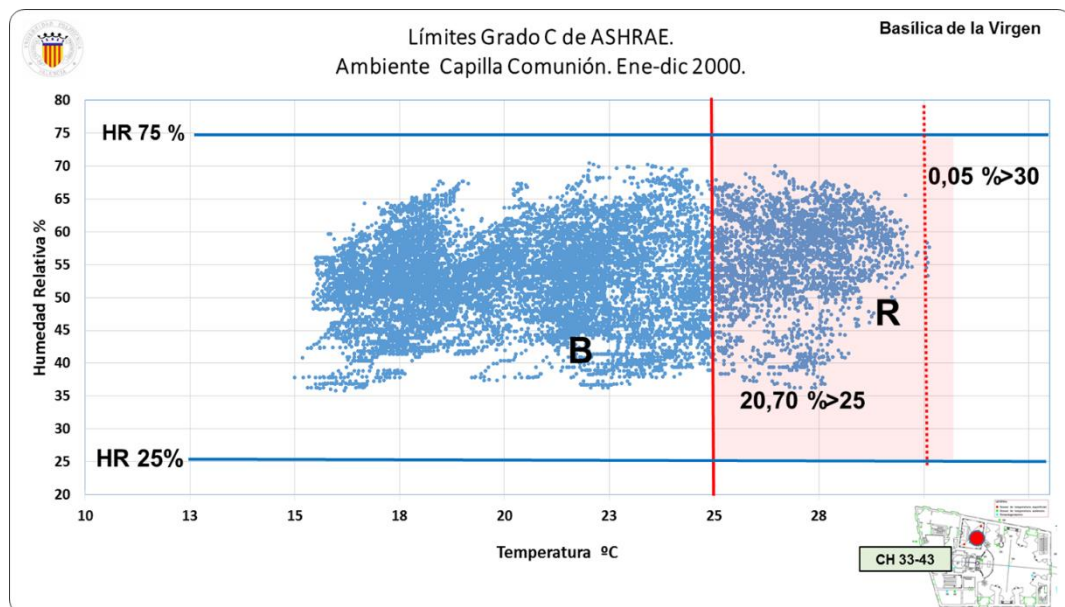


Figura 4.92. Límites de grado C ASHRAE. HR y Tª interior Capilla Comunidad. Basílica de la Virgen.

Camarín de la Virgen. Riesgos de cristalización/hidratación de sales solubles.

Para la transición de la thenardita (Na_2SO_4) - mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), aplicamos la formulación anterior a los datos ambientales del interior del Camarín de la Virgen, obtenemos la gráfica de la figura 4.93. Podemos observar como la HR del ambiente interior no alcanza en ningún momento la humedad de equilibrio de la sal en las zonas sombreadas de amarillo (zonas A), por lo que las condiciones son favorables para que se mantenga la forma cristalizada de estas sales, sin contabilizar transiciones de fase entre estado anhidro e hidratado.

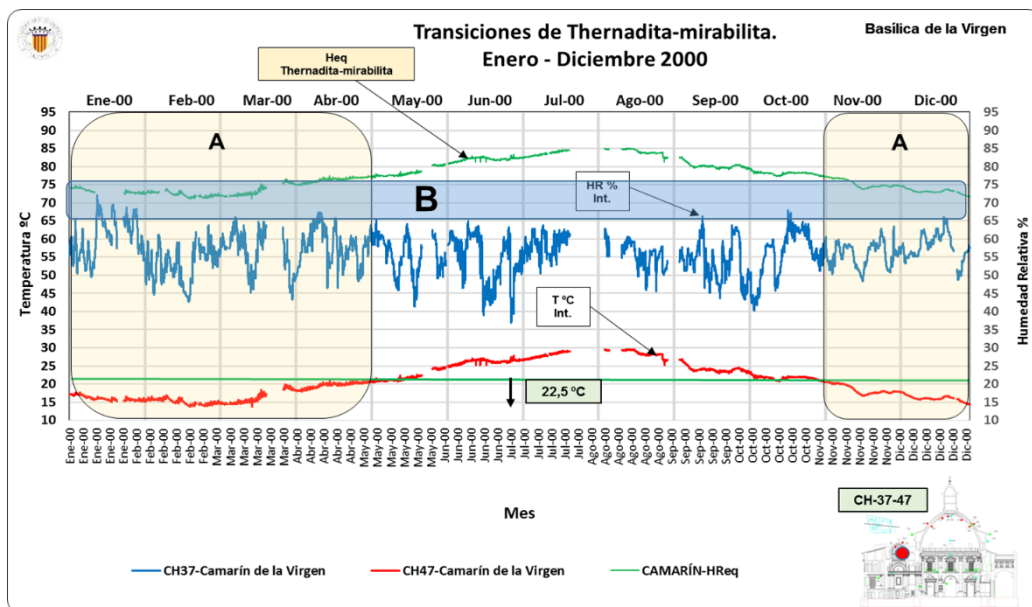


Figura 4.93. Evaluación de riesgo de transición de fase de thenardita-mirabilita y yeso. HR ambiente Camarín Virgen. Basílica de la Virgen.

Como podemos comprobar, durante todo el periodo de medición, las condiciones de la Capilla de la Comunión son favorables para que se mantenga la halita en forma cristalizada ($\text{HR} < 75,3\%$). En el caso del yeso solamente en el mes de enero y parte de octubre se dan claramente estas circunstancias para la posible cristalización (zona B).

Camarín de la Virgen. Análisis riesgo por biodeterioro.

Ajustando el rango de humedad relativa para zona de riesgo, a valores por encima de 65% HR, comprobamos que no existen periodos donde los dos factores determinantes ($HR > 65\%$ y $T^a > 25^{\circ}\text{C}$) presentan sus zonas de riesgo "R". Figura 4.94.

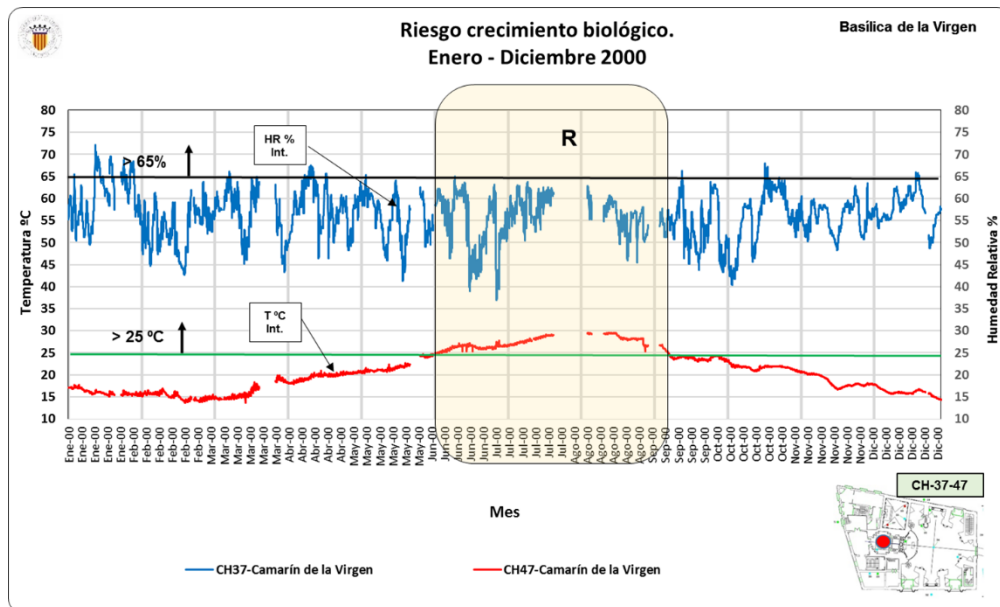


Figura 4.94. Evaluación de riesgo biológico. HR ambiente Camarín Virgen. Basílica de la Virgen.

Con la representación gráfica de nube de puntos de estos valores, figura 4.95, observamos que nos encontramos fuera de zona de riesgo (zona R), es decir no existe en riesgo de crecimiento biológico generado por las condiciones ambientales interiores.

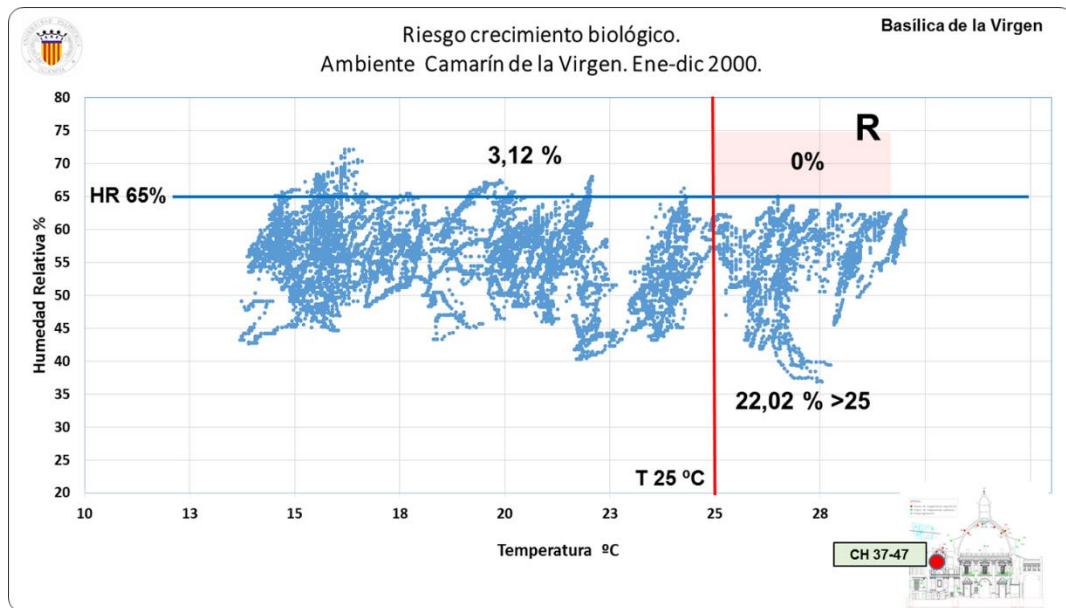


Figura 4.95. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 65% HR – 25°C. Ambiente interior. Basílica de la Virgen.

Camarín de la Virgen. Aplicación recomendaciones ASHRAE

Vamos aplicar las limitaciones del grado C. Podemos comprobar como las limitaciones de HR son absolutamente respetadas, por el contrario, se alcanzan durante un 22,02 % del tiempo anual valores de temperatura por encima de 25°C, zona “R”. Este grado C reconoce que la mayoría del potencial daño microclimático incontrolado puede prevenirse simplemente evitando excesos de humedad. (Figura 4.96).

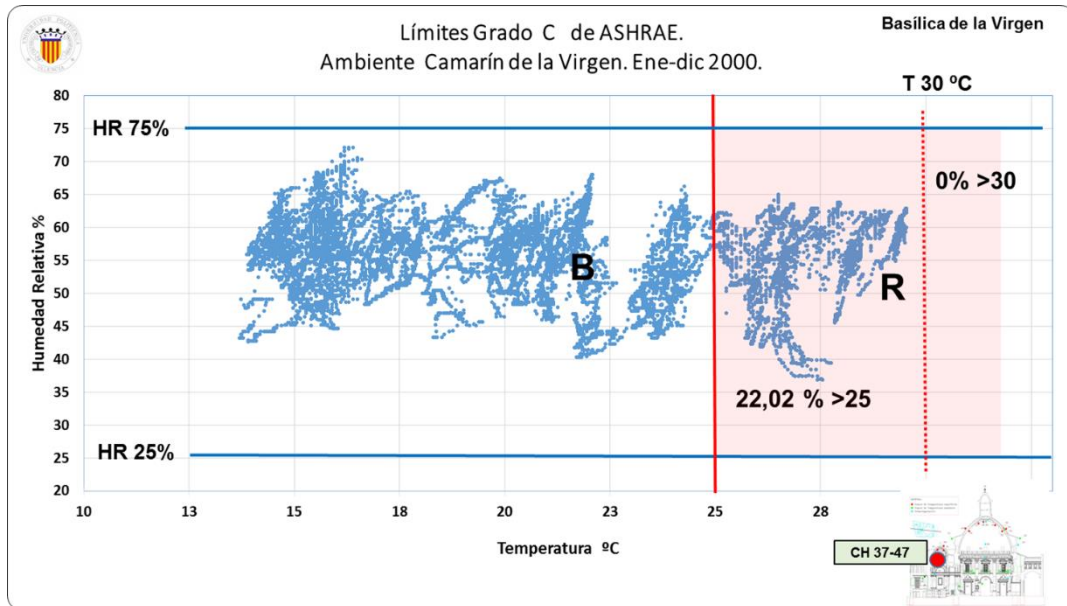


Figura 4.96. Límites de grado C ASHRAE. HR y T^a interior Camarín Virgen. Basilica de la Virgen.

Análisis de riesgo de condensación sobre la superficie de las pintuas.

En las gráficas de la figura 4.97 mostramos la evolución general de las temperaturas superficiales de las pintuas tanto de la cúpula principal como de la Capilla de la Comunión y el Camarín de la Virgen, relacionadas con la temperatura ambiente de cada espacio y el punto de rocío en el periodo del año 2000.

Se observa como la tendencia de la temperatura superficial en los tres casos sigue de cerca la ambiental. Del análisis pormenorizado de la evolución mensual durante el periodo de medición, se comprueba que sobre la superficie de los frescos, no se han dado las condiciones favorables para fenómenos de condensación, siendo las distancias al punto de rocío lo suficientemente elevadas como para descartar el riesgo.

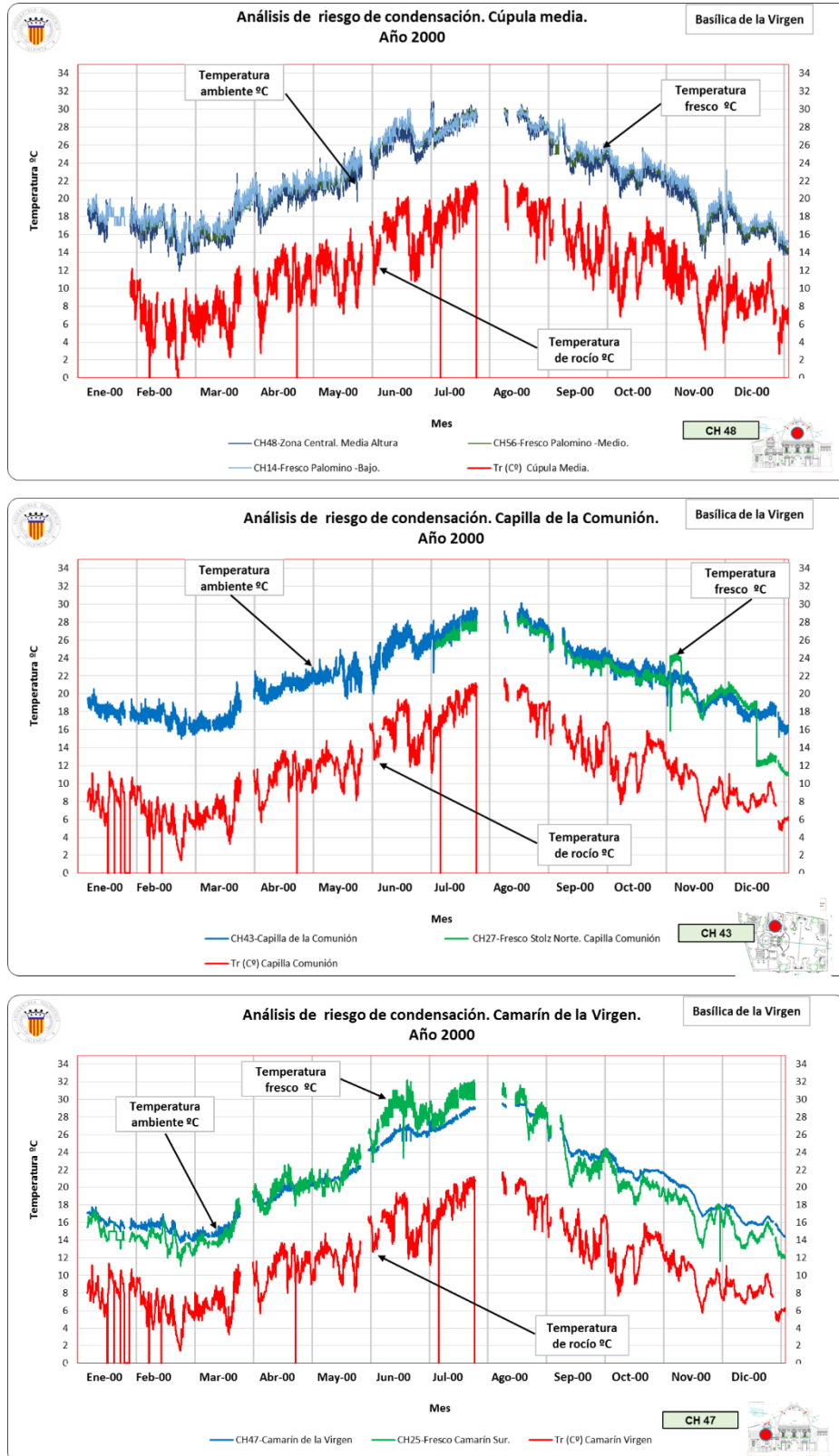


Figura 4.97. Análisis riesgo condensación. Cúpula, C. Comunión, Camarín Virgen. Basílica de la Virgen.

4.4.3.- Estudios de contaminación ambiental y microbiológica.

Presentamos en este punto el resumen de los estudios realizados por los equipos de trabajo correspondientes al control de la actividad biológica (Dr. Enrique Hernández, Dra. Rosa Montes y Dra. Cristina Vázquez) y al control de la evolución de contaminación ambiental y partículas en suspensión (Dr. Fernando Segarra, Dr. Juan Carlos Asensi y D. José L. Bosch). Los análisis se realizaron a lo largo del año 1994, dentro los estudios previos a la intervención sobre el conjunto de la Basílica de la Virgen

Contaminación ambiental.

Análisis de partículas individuales. Nivel de cúpula.

Equipo de muestreo: Impactador de cascada MPS-3.

Técnica de análisis: Microscopía electrónica de barrido con detector de rayos X.

Los resultados corresponden a muestras de partículas en la atmósfera interior de la Basílica tomadas durante los meses de Febrero y Marzo de 1994. Los tiempos de muestreo tuvieron que ser cortos para que la cantidad de partículas obtenida no fuera tan alta que se solaparan unas sobre otras y no permitiera el análisis individual de las mismas (volumen total de aire muestreado=10 litros). El total de partículas analizadas fue de 800. Más del 60% de las mismas se encuentran por debajo de las 2 μm en diámetro (partículas finas). Figura 4.98.

En lo que se refiere a la clasificación química, el mayor porcentaje sigue correspondiendo a las partículas ricas en calcio (23,3%), siendo las partículas ricas en azufre y calcio (16,6%), atribuidas a partículas de sulfato cálcico y cuya formación podría ser producto de la reacción entre el calcio presente en el ambiente y los sulfatos que se originan a partir del dióxido de azufre proveniente del quemado de velas, considerando además los valores de humedad alcanzados en la cúpula. El menor porcentaje de este tipo de partículas respecto al nivel de tribuna puede deberse al efecto de difusión que ocasionaba la lona ubicada en la base de la cúpula.

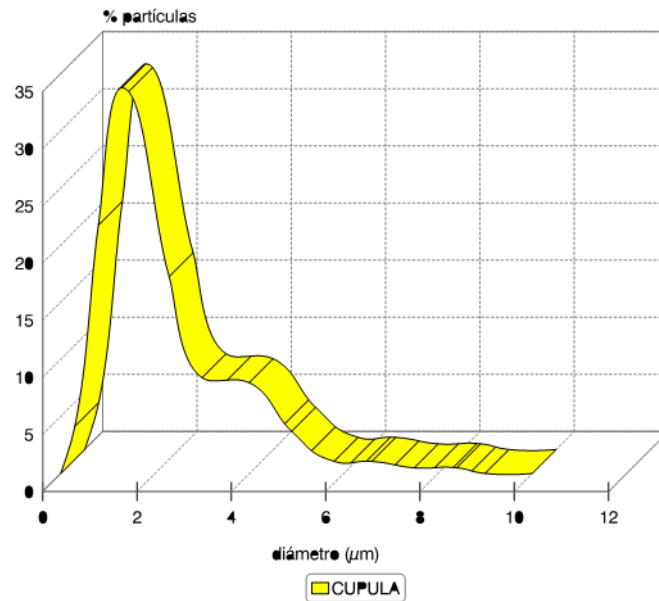


Figura 4.98. Distribución del tamaño de las partículas en el ambiente interior.

Basílica de la Virgen.

Análisis de partículas suspendidas totales (PST). Nivel de cúpula.

Equipos de muestreo: TEOM 1400.

Técnica de análisis: Medición en tiempo real mediante gravimetría, por microbalanza oscilatoria.

En cuanto a partículas suspendidas totales en la cúpula principal, el equipo de muestreo estuvo en funcionamiento durante los días 27 y 28 de Julio de 1994 en la cúpula, situado en el segundo nivel del andamio, con el fin de conocer la evolución de los niveles de partículas a lo largo de un ciclo completo de un día. El intervalo de tiempo de medida fue de 30 segundos. Los niveles de partículas durante la noche permanecen en concentraciones de fondo (30-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y durante la mañana se producen las mayores concentraciones.

Los picos más altos corresponden alrededor de las 10 de la mañana el 27 de Julio (147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y alrededor de las 12 del mediodía del día siguiente (28 de Julio). Las horas de cierre del mediodía (14-16 h) no implican una bajada brusca de los niveles pues, aunque las principales fuentes de contaminación desaparecen temporalmente, el intervalo de tiempo es escaso y los contaminantes siguen presentes en sentido

ascendente a lo largo del recinto. Los picos que se producen durante la tarde son siempre más bajos que los de la mañana. Figura 4.99.

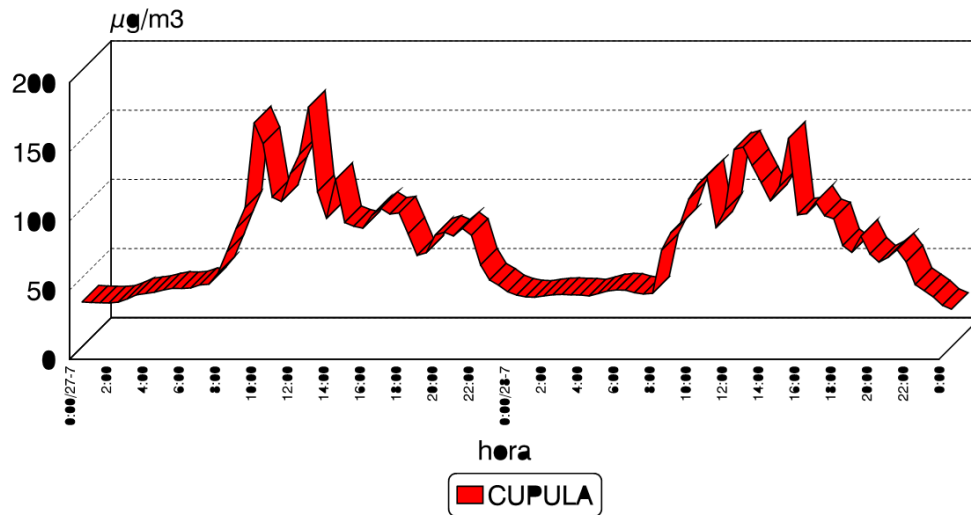


Figura 4.99. Concentración de partículas suspendidas totales en el ambiente de la cúpula. Basílica de la Virgen.

Contaminación microbiológica.

Para la investigación de la contaminación microbiológica del aire se utilizó un aparato de toma automática de muestra, S.A.S. (Surface air System). Dicho aparato aspira un caudal de aire controlado que pasa por la superficie de una placa con medio de cultivo, donde quedan retenidas las esporas y células vegetativas existentes en el aire. La placa contiene un medio de cultivo selectivo para el tipo de microorganismos que queremos aislar. Para este estudio se ha hecho pasar caudales de 60 y 180 litros de aire sobre placas de Agar Piare Count, para el aislamiento de bacterias y placas de Agar Sabouraud para el aislamiento de mohos y levaduras. Las tomas de muestras se realizaron en quince zonas diferentes del interior de la Basílica.

Por otra parte se realizó un estudio de la contaminación fúngica superficial en el conjunto de las obras de arte del interior de la Basílica, para lo cual se

seleccionó sobre ellas distintos puntos de muestreo. Dado el gran número de obras se realizó un muestreo en cada obra con el fin de evaluar los niveles de contaminación microbiológica superficial del patrimonio artístico de la Basílica e identificar cuáles son los géneros de hongos más frecuentes de la contaminación aislada. En este estudio se muestrearon 15 zonas del interior de la Basílica. las condiciones de temperatura y humedad del muestreo realizado, se corresponden con 17-18°C y 43-45% de humedad relativa.

Los resultados del muestreo en el interior de la Basílica oscilan entre 200 y 660 bacterias/m³ de aire y los recuentos de hongos oscilan entre 55 y 233 hongos/m³ de aire, con lo que podemos observar que en cuanto a contaminación bacteriana ninguna muestra sobrepasa las 1000 bacterias/m³, aunque en tres zonas son igual o mayores de 500 bacterias/m³. En cuanto a la contaminación fúngica, en 10 de las 15 zonas muestreadas, el recuento de hongos es igual o mayor a 100 hongos/m³ de aire. La contaminación fúngica, por lo tanto sí que resulta excesiva en algunas de las zonas de la Basílica (Tabla 4.24).

ZONA	Bacterias/m ³	Hongos/m ³
1.-Sacristía	300	55
2. -Antesacristía	266	66
3.-Entrada izquierda desde Plaza Virgen	266	116
4.-Capilla del Cristo	300	116
5.-Entrada derecha desde Plaza Virgen	500	116
6.-Entrada calle de la leña	366	183
7.-Capilla de S. José	416	233
8.-Antecapilla de la Comunión	500	100
9.-Capilla de la Comunión	300	100
10.-Capilla del feliz tránsito a la Gloria	220	83
11.- Pasillo detrás del Altar Mayor	216	66
12.-Entrada principal	266	150
13.-Zona del Altar Mayor	660	66
14. -Tribuna derecha	250	150
15.-Tribuna izquierda	430	133

Tabla 4.24. Recuento biológico en el ambiente exterior. Basílica de la Virgen.

4.5.- Conclusiones generales.

El ennegrecimiento del fresco de A. Palomino puede ser disminuido reduciendo los procesos de deposición de partículas, así como la concentración de las mismas suspendidas en el aire. Como vimos en el capítulo 2, el proceso de deposición se produce mediante mecanismos físicos tales como *impactación inercial*, *captura electrostática*, *flujo de Stefan* y *termoforesis*. Para evitar dichos efectos podemos actuar sobre el nivel térmico, manteniendo al mismo tiempo la humedad relativa deseada, y reduciendo la diferencia térmica entre la pared y el aire. Todo esto resalta la importancia de mantener unas condiciones termohigrométricas estables, tanto en el aire ambiente como en la estructura. El aumento de la concentración de contaminantes así como de la enorme asistencia de visitantes y feligreses, luces encendidas, velas y polvo provocan una profunda modificación microclimática.

Como ya se explicó, la existencia de la cámara intercúpulas junto al espesor del material constructivo, juega un papel muy importante en el mantenimiento del microclima de la bóveda. En la cámara se puede difundir el vapor de agua, ayudando a la eficaz desecación del muro. Esta difusión de vapor a través de materiales porosos, es un desplazamiento de agua originado por la diferencia de presiones de vapor entre dos ambientes dados (cámara de aire y espacio de la cúpula). Además el valor como aislante térmico de la cámara, es de gran interés en el comportamiento ambiental. La cámara no está ventilada por lo que su eficacia frente a la humedad es baja. Sin embargo al estar el aire en reposo, el valor como elemento aislante es de cierta importancia.

El período estival se caracteriza por las altas temperaturas y una fuerte radiación solar incidente sobre las cubiertas exteriores. La temperatura de la cámara se mantiene próxima a la temperatura superficial del fresco, que se ve influida decisivamente por el ambiente interior de la cúpula. Los cambios bruscos de temperatura exterior se van amortiguando conforme nos adentramos en las capas de la cubierta, siendo los desfases horarios de gran importancia.

En el período invernal, caracterizado por bajas temperaturas, el comportamiento de la cámara es distinto al anterior. En este caso la temperatura de la misma es siempre inferior a la del fresco, a su vez inferior al ambiente de la cúpula. La temperatura de la cúpula es de 0.5°C a 1 °C más alta que en la superficie pictórica. En invierno, las evoluciones del ambiente interior de la cúpula y en consecuencia de la Basílica, tienen un efecto decisivo en el fresco, quedando la temperatura en la cámara de 1 a 2 °C por debajo de la temperatura de la superficie pictórica.

Resumiendo, podemos asegurar que tanto en períodos fríos como calurosos, el efecto de la cámara intercúpulas es de gran importancia para el mantenimiento de los niveles de temperatura del fresco, teniendo siempre presente que estos niveles no se consideran óptimos por las variaciones bruscas, tanto diarias como mensuales a los que está sometido el mismo, consecuencia directa como ya hemos mencionado, de las condiciones del ambiente interior.

La cúpula debe tener una temperatura ligeramente más alta que la del aire inmediatamente inferior para mejorar la estabilidad ambiente. Esto se puede obtener calentando gradualmente durante toda la estación fría. Si la cúpula fuese más fría que el aire ambiente restante, se generaría una inestabilidad convectiva, formándose corrientes de aire descendente y en particular una lámina de aire bañando los frescos que es la responsable de la deposición de partículas por impactación inercial antes mencionada (y por termoforesis cuando la temperatura de la lámina se mantiene superior a la de la pared). Este es un motivo poderoso para mantener la temperatura del suelo más fría y evitar de este modo la ascensión convectiva. Se debería mantener una estratificación térmica que suprima la turbulencia y el movimiento convectivo, reduciendo así la deposición de partículas. Para mantener estas condiciones deseadas es necesario un calentamiento gradual en el curso de las estaciones sin causar diferencias térmicas entre el día y la noche.

Teniendo en cuenta la variación de la humedad específica (cantidad de agua contenida en el aire) a lo largo de los meses, la compensación térmica antes mencionada deberá ser dimensionada de modo que se mantenga constante durante todo el año el valor de la humedad relativa. Solo en el caso de una variación

repentina de la humedad específica, conviene renunciar al rígido mantenimiento de la humedad relativa por no causar una brusca variación de temperatura.

En análisis complementarios, con el empleo de variables psicrométricas calculadas a partir de los datos del sistema de monitorización, se ha comprobado que durante el periodo de estudio no se han dado las condiciones para que se produzca condensación sobre la superficie de las pinturas murales de las zonas sometidas a estudio.

Hemos comprobado que con los bajos porcentajes de humedad relativa y la ausencia de agua por otros fenómenos (filtraciones, capilaridad, etc.), unido a la intervención de limpieza y restauración de los frescos, que elimina restos orgánicos y contaminantes, se estima que el riesgo de crecimiento biológico sobre la superficie de las pinturas es muy bajo.

La investigación realizada en la Basílica de la Virgen, ha puesto de manifiesto que la variabilidad microclimática en el ambiente interior, debida a la gran cantidad de factores que colaboran en el aporte de carga térmica y de humedad, provocan una alteración de profunda del microclima y de la cantidad de partículas totales suspendidas en la atmósfera interna. Esto resulta evidente observando la notable diferencia entre los parámetros ambientales verificados cuando no hay presencia de visitantes en el interior y cuando el templo está abierto al público. Tales alteraciones alcanzan niveles preocupantes especialmente si consideramos la frecuencia de diaria de los actos y oficios religiosos.

CAPÍTULO 5



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR.

5.1.- Introducción.

5.2- Ficha técnica equipo de intervención.

5.3.- El conjunto histórico de la Iglesia de San Nicolás. Estudios previos.

5.3.1.- Descripción del edificio.

5.3.2.- Estado de conservación y diagnóstico.

5.3.3.- Contaminación microbiológica y partículas.

5.3.4.- Análisis termohigrométrico.

5.3.5.- Estudio físico-químico de las restauraciones.

5.3.6.- Fases de la intervención general.

5.3.7.- Intervención arquitectónica general.

5.3.- Análisis termohigrométrico de la Iglesia de San Nicolás. Periodo 2014-2015.

5.4.1.- Objetivos de la investigación microclimática.

5.4.2.- Ubicación de sensores.

5.4.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.

5.4.4.- Resumen de resultado campaña de medidas.

5.4.4.1.- Caracterización anual.

5.4.4.2.- Caracterización estacional.

5.4.4.1.- Análisis fluctuaciones breves.

5.4.4.1.- Caracterización del clima exterior.

5.5.- Análisis de riesgos ambientales.

5.5.1.- Biodeterioro.

5.5.2.- Deposición de partículas y condensación.

5.5.3.- Cristalización-solubilización de sales.

5.5.4.- Aplicación de normativa específica.

5.5.4.1.- ASHRAE.

5.5.4.2.- UNE-EN 15757:2011.

5.5.4.3.- UNI 10829:1999.

5.3.- Resultados de estudios de contaminación ambiental y biológica.

5.1.- Introducción.

Gracias al interés y sensibilidad, de la Fundación Hortensia Herrero y del Arzobispado de Valencia, por el sostenimiento y conservación del Patrimonio Artístico Valenciano, una de las joyas pictóricas murales de principios del siglo XVIII, que requería una intervención urgente, va a poder disfrutarse en su plenitud próximamente. Nos referimos a las pinturas murales y el revestimiento ornamental localizadas en la nave central de la Iglesia Parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia.

El primero de marzo del año 2013 se firmó un contrato de I+D+i entre el Arzobispado de Valencia y la Universidad Politécnica para llevar a cabo los estudios previos que conducirían a evaluar el estado de las pinturas murales, estucos y resto de decoración ornamental. Como se indicó en la introducción de esta Tesis, los estudios previos son imprescindibles para tener un conocimiento real de la evolución histórica, gráfica y el estado de los materiales constitutivos de los Bienes de Interés Cultural y en el caso que nos ocupa, de las pinturas murales.

Analizar la influencia de agentes tanto exógenos como endógenos al Templo que están actuando en detrimento de las pinturas causando graves deterioros, aportan al resto de disciplinas información primordial para definir las líneas de actuación futuras. Esta investigación nos ha permitido establecer el correcto diagnóstico y la propuesta de intervención más conveniente y apropiada para la permanencia y conservación del patrimonio pictórico y ornamental de la nave central del Templo.

Estos estudios previos conforman un documento de trabajo realizado por el equipo multidisciplinar encargado de las investigaciones y presentado en junio de 2013 con el Título, “*Estudios previos para la restauración y revestimiento ornamental de la nave central de la Iglesia Parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia*”. La ficha técnica del equipo se incluye en el siguiente punto.

A nivel metodológico estos estudios previos se han basado en distintas áreas de conocimiento para obtener unos datos concretos fundamentados en la interdisciplinariedad. Los estudios previos realizados han sido (Roig, P. et al. 2015):

- **Estudio histórico-artístico.** Búsqueda y recopilación de la información de fuentes escritas para llevar a cabo una revisión historiográfica de la historia del templo de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir.
- **Estudio gráfico y fotográfico.** Realización de tomas fotográficas generales, puntuales, macrofotografía, fotografía IR, fotografía UV. Barrido fotográfico general. Cartografía de localización de daños y deterioros.
- **Estudio de caracterización de materiales y productos de alteración,** mediante exámenes no destructivos. Caracterización de morteros, técnicas pictóricas, depósitos y contaminantes, realizados a través de técnicas de Microscopía Óptica, Microscopía Electrónica de Barrido con Microanálisis de Rayos-X (SEM/EDX), Espectroscopía FT-IR , Difracción de rayos-X, Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas, Cromatografía iónica. Con la posterior interpretación de los resultados analíticos obtenidos.
- **Estudios de evaluación y control de tratamientos.** Ensayos de idoneidad de tratamientos de consolidación, fijación, limpieza, reintegración de pintura mural a través de muestreo de productos y técnicas. Seguimiento de comportamiento y comprobación de resultados hasta determinar su idoneidad.
- **Estudio ambiental e identificación de agentes microbiológicos.** Determinación del microclima y los componentes de contaminación medioambiental y microbiológica del espacio del templo y de la superficie pictórica mural.

Para la realización de estos estudios previos, fue necesaria la instalación de andamios provisionales que nos permitieran acceder a los puntos más representativos de la nave central de la iglesia, con el fin de poder recabar la información necesaria.

5.2.- Ficha técnica del equipo de intervención.

Contrato firmado en 2013, por el ARZOBISPADO DE VALENCIA y la UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA para la “Restauración de las Pinturas Murales, Esculturas y revestimiento ornamental de la nave central de la Iglesia Parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia”.

DIRECCIÓN FACULTATIVA Y COORDINADORA DE LA EJECUCIÓN CONJUNTA DE LA OBRA

Arq. Carlos Campos González

Arq. Téc. Rafael Pastor Ferrándis

DIRECCIÓN FACULTATIVA DE LA RESTAURACIÓN PICTÓRICA, ESCULTÓRICA Y ORNAMENTAL

Dra. Pilar Roig Picazo

EQUIPO DE RESTAURACIÓN

Responsable: Dr. José Luis Regidor

Coordinadora del equipo de restauradores: Dra. Lucía Bosch

Equipo de restauradores: Gemma Barreda, Antoni Colomina, Gema Gómez, José M. Juan Baldó, María del Pilar Martín, Beatriz del Ordi, María Amparo Peiró, Paula Pérez, Aurora Inmaculada Rubio

Colaboradores en la restauración: Dra. Julia Osca, Dra. Pilar Soriano, Dra. Mercedes Sánchez, Dra. Antonia Zalbidea

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Registro fotográfico y video gráfico: Dr. José A. Madrid, Dr. Juan Valcárcel

Estudio iconográfico: Dra. Juana Bernal

Estudio Físico-químico: Dra. Teresa Doménech, Dra. Laura Osete

Estudio de biodeterioro: Dra. Rosa Montes, Dra. Pilar Bosch

Estudio Geofísico: Dr. Jorge Gosálvez

Estudio Cromático: Dra. María Luisa Martínez

Estudio Microclimático: Ing. Enrique Vivó Soria

Coordinación de trabajos de apoyo, seguimiento y control: Arq. Valeria Marcenac

5.3.- El conjunto histórico de la Iglesia de San Nicolás. Estudios previos.

5.3.1.- Descripción del edificio.

La iglesia parroquial de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir es probablemente el mejor ejemplo de convivencia de un templo de estructura gótica del siglo XV con decoración barroca del siglo XVII que encontramos en la ciudad de Valencia. La iglesia se construyó sobre una antigua mezquita musulmana, englobándose en lo que se denomina las primeras doce parroquias cristianas.

La iglesia parroquial de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir, declarada Monumento Histórico Artístico, de carácter nacional, por Real Decreto 1757/1981, 5 de junio de 1981 (BOE 10.08.1981), está ubicada en una plaza homónima dentro del enclave histórico urbano valenciano con ciertas reminiscencias medievales. Figura 5.1.

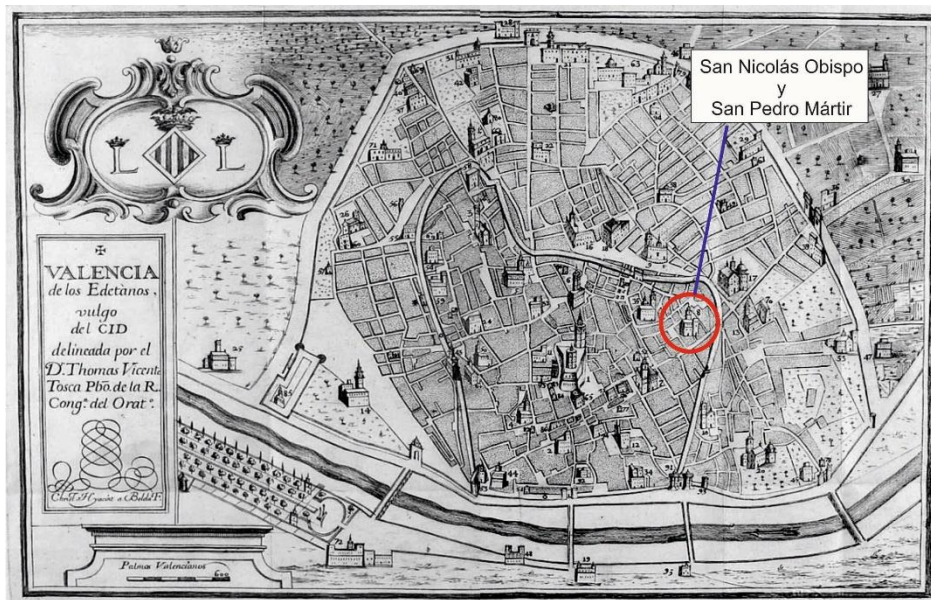


Figura 5.1. Ubicación de la Iglesia de San Nicolás. Plano de Valencia de los Edetanos, Vulgo del Cid, realizado por Tomás Vicente Tosca (1738).

Fue erigida como parroquia hacia 1242-1245 siendo una de las primeras iglesias parroquiales fundadas después de la conquista cristiana. La primitiva iglesia de la que no se conoce nada, fue reconstruida a iniciativa del entonces rector de la parroquia Alfonso de Borja (futuro obispo de Valencia y futuro papa Calixto III), en estilo gótico entre 1419 y 1455. En esta última fecha el templo es terminado hacia los pies ocupando el lugar donde se encontraba el cementerio parroquial. También se construyó en este periodo la bóveda gótica de crucería en la nave central.

Aunque la Iglesia mantiene y como tales figuran en su Altar Mayor, la titularidad de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir, la Iglesia es popularmente conocida simplemente como de San Nicolás. El santo Nicolás fue obispo de Mira (Turquía), falleció hacia el 345 y se le conoce por el apelativo de Bari ya que sus restos fueron trasladados desde Mira a Bari (Italia) ante el avance musulmán sobre Turquía. San Pedro Mártir (* Verona 29-06-1205 † Como-Italia 06-04-1252) nació en Verona (Italia) de ahí que también se le conozca como San Pedro de Verona. Fraile y sacerdote dominico fue asesinado por una conjura hereje en 1252. Su asesinato se produjo con un golpe en la cabeza con un cuchillo de podar de ahí que se le represente con este instrumento en la cabeza.



Figura 5.2. Vista aérea Iglesia de San Nicolás.

Se trata de una iglesia de planta uninave con seis tramos, cinco capillas laterales no muy profundas entre los contrafuertes (seis a cada lado aunque dos de ellas están ocupadas por las puertas de entrada laterales), ábside poligonal de cinco lados orientado al este, al que le precede un tramo recto. Figura 5.3. La nave se cubre con bóveda de crucería simple. Tiene unas medidas de 41 metros de largo por 13 metros de ancho y 8,65 metros de altura hasta la cornisa. Tiene además una tercera puerta a los pies del templo. Detrás de la Capilla Mayor podemos encontrar la sala del trasagrario construida a expensas de Jacinto Sanz en 1664. Figura 5.2. Esta iglesia junto a la Iglesia Parroquial de San Martín Obispo y San Antonio Abad y la Real Parroquia de los Santos Juanes son los únicos ejemplos de templos con planta uninave medievales que permanecen en la capital valenciana. En 1690 se decidiría la renovación del antiguo templo según los nuevos gustos, encargándose la traza y las obras al maestro Francisco Padilla.

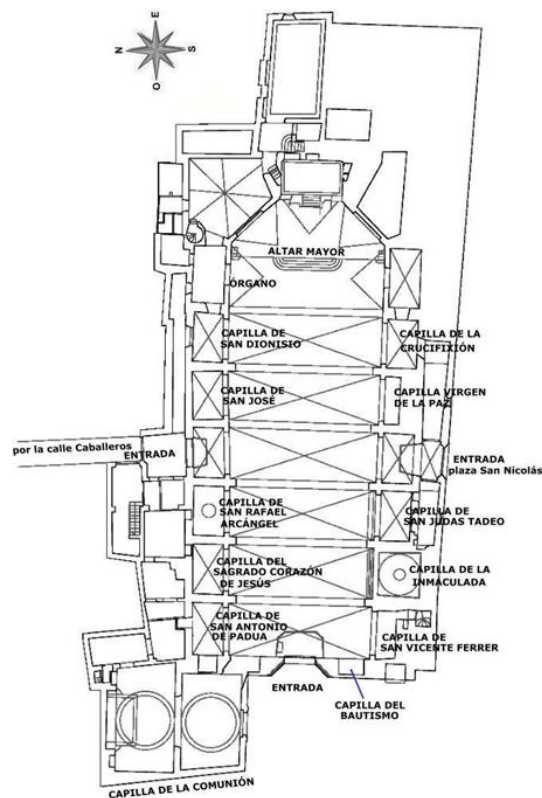


Figura 5.3. Plano de planta de Iglesia de San Nicolás. Situación y nombre de capillas.

Entre 1690 y 1693 se recubre el interior gótico con decoración barroca según los nuevos gustos de la época. Los revestimientos decorativos más que las remodelaciones fueron un medio rápido y económico de actualizar templos de traza antigua. (Berchez, 1993). El revestimiento ornamental barroco se encarga al arquitecto Juan Bautista Pérez Castiel, que también realiza la **Real Capilla de Santa Bárbara** de la Iglesia de San Juan del Hospital entre 1685 y 1689.

Esta intervención arquitectónica provoca que el espacio de la antigua bóveda gótica se adecue, de forma que pueda desarrollarse sin dificultades el ciclo pictórico mural dedicado a los santos titulares del templo de San Nicolás, por el discípulo de Palomino, Dionís Vidal, a fines del siglo XVII. Figura 5.4. Dionís Vidal (Valencia ca.1670-Tortosa ca.1719), recubrió las bóvedas góticas, arcos, pilares y muros con frescos con escenas de la vida de San Nicolás de Bari y de San Pedro Mártir, junto con alegorías de las Virtudes y otros personajes en arriesgados escorzos.



Figura 5.4. Figuras de A. Antonio Palomino y de Dionís Vidal. Cliché nº V-541, referencia Foto Sanchís del Arxiu Gràfic de la Conselleria de Educació, C y D. (Estudios Previos, 2013).

La pintura se extiende sin interferencias por toda la arquitectura, recubriendo arcos y nervaduras, manteniendo las formas sin alterar el conjunto. Pudiendo disfrutar el

observador de una decoración barroca con la huella inconfundible del gótico original. Figura 5.5 y 5.6.



Figura 5.5. Vista parcial de la bóveda pintada. Iglesia de San Nicolás.

Las escenas de la nave central por su lado del evangelio nos hablan de la vida de San Pedro Mártir, mientras que por el lado de la epístola la vida narrada es la de San Nicolás de Bari, las escenas guardan relación con la posición de ambos santos en el Retablo Mayor. Así se representan escenas de la predicación y milagros en vida, hasta llegar a su muerte y los prodigios que ocurrieron cuando se veneraban sus restos mortales.



Figura 5.6. Vista parcial de la bóveda pintada. Iglesia de San Nicolás.

Cada tramo que forma la bóveda narra un episodio de las vidas de los santos. Al llegar al presbiterio confluyen ambos relatos en una gloria de ángeles, doctores de la iglesia y arquitecturas fingidas. Acompañan las escenas de la vida de los santos, una pléyade de imágenes alegóricas. En los lunetos de las capillas laterales se desarrolla una arquitectura sencilla decorada con ángeles y jarrones llenos de flores.

En la fotografía de la figura 5.7, podemos observar la portada y el rosetón gótico de la fachada principal. En la figura 5.8 podemos ver el alzado *Norte y Oeste (fachada principal)*.

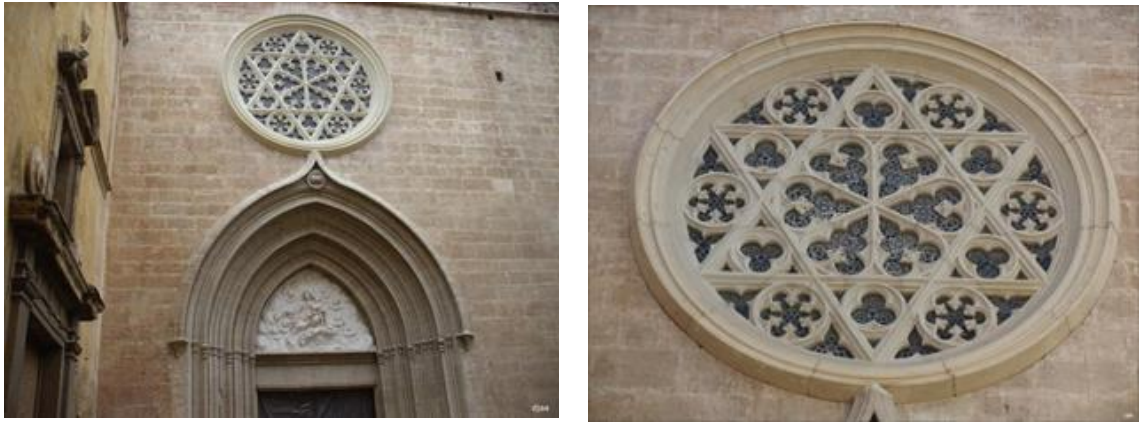
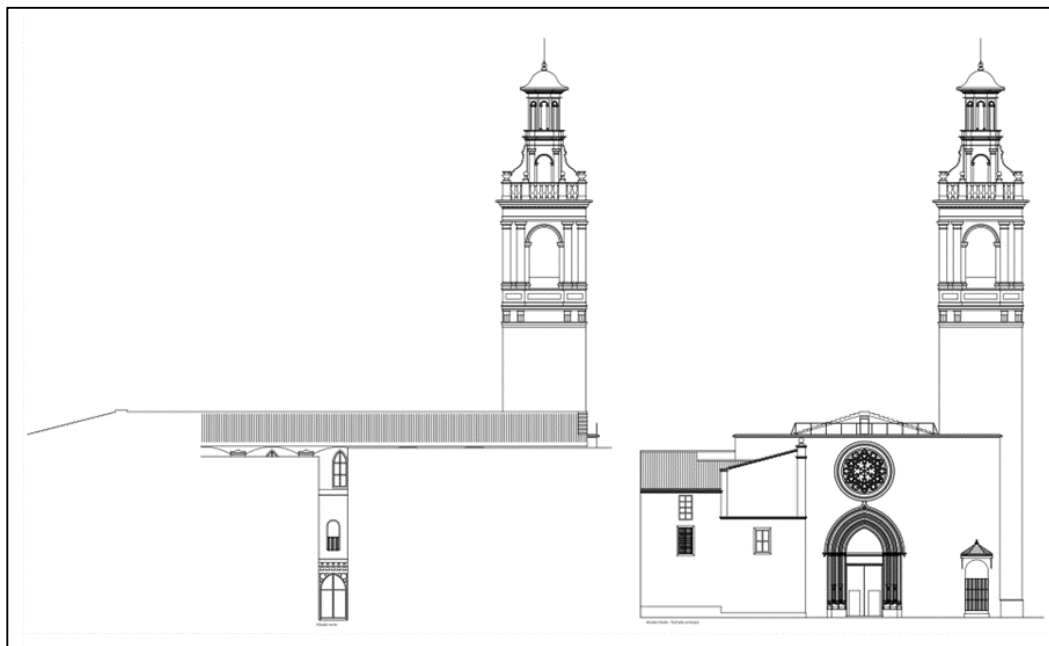


Figura 5.7. Portada y rosetón de fachada principal. Iglesia de San Nicolás.



*Figura 5.8. Alzado Norte y Oeste (fachada principal). Iglesia San Nicolás.
(Fuente Arq. Carlos Campos).*

5.3.2.- Estado de conservación y diagnóstico.

En los estudios previos realizados, el acceso directo mediante andamio a ciertas áreas de los frescos y estucos ha permitido identificar, localizar y valorar el estado de conservación de las pinturas murales y los elementos ornamentales, evidenciando un grave deterioro de todo el conjunto.

El completo oscurecimiento de todas las superficies, debido a la deposición de enormes cantidades de polvo y hollín, grandes áreas con la policromía alterada y zonas blanquecinas de distinta naturaleza, se distribuyen por la totalidad de la superficie pictórica. Patologías más graves afectan a los lunetos de ambos lados de la nave, acumulándose alrededor de las vidrieras multitud de pérdidas y desprendimientos del revoque pictórico, debido principalmente a las filtraciones de agua. Estas grandes zonas afectadas por eflorescencias y criptoflorescencias, confirmaron la existencia de problemas estructurales en las cubiertas y cerramientos.

El excelente cromatismo de la pintura en general, se ve alterado por la suciedad generalizada así como por la importante presencia de eflorescencias salinas que restan intensidad al conjunto. El principal conjunto pictórico puede considerarse una pintura al fresco, con las características de la época barroca tales como jornadas amplias, presencia de yeso en el *arriccio* y zona con retoques y pinceladas empastadas con cal.

El mapa de localización de humedades nos muestra las numerosas zonas de acceso de la humedad a la superficie pictórica. En las siguientes figuras se representan las zonas de afectación de humedades en la nave central (figura 5.9) y los lunetos (figura 5.10). (Informe de Estudios previos, 2013).



Figura 5.9. Zonas de afectación de humedades en bóveda. Iglesia de San Nicolás.

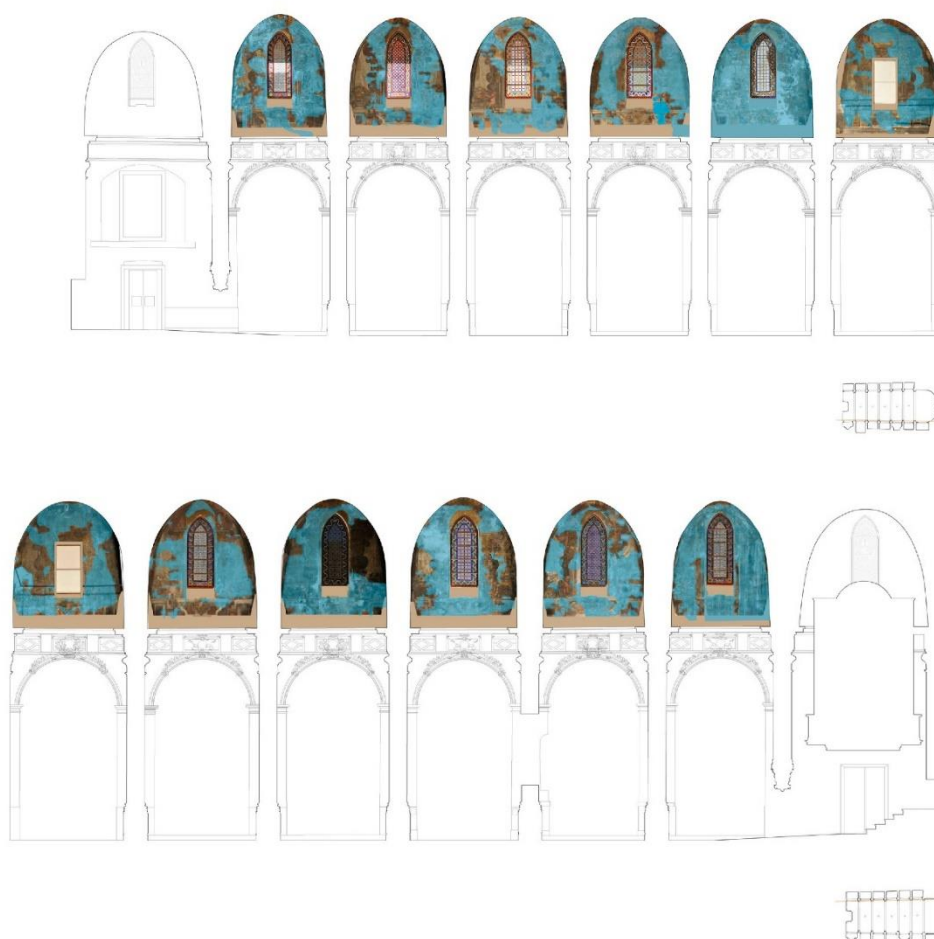


Figura 5.10. Zonas de afectación de humedades en los lunetos. Iglesia de San Nicolás.

(Fuente Estudios previos. Junio 2013)

Se aprecian multitud de filtraciones de agua por grietas, capilaridad descendente y lateral en los lunetos y en el arranque de todos los arcos fajones (camino natural de desagüe de las cubiertas originales) y capilaridad ascendente que afecta a zócalos y pilastras. Figura 5.11.



*Figura 5.11. Filtraciones de agua por grietas, capilaridad descendente y lateral en los lunetos.
Iglesia de San Nicolás.*

La humedad ha afectado casi al 30% de la superficie de las bóvedas y al 70% de los lunetos, lo que aproximadamente supone unos 400 m² de superficie dañada, de los más de 1000 m² que abarca la decoración pictórica mural, sin contar arcos laterales y pilastras. El uso mayoritario del yeso como material de revocado interno en la preparación de muros para su posterior decoración mural, implica un gran riesgo de deterioro para este tipo de pintura al fresco, cuando se la somete a continuos aportes de humedad, como es el caso de la obra principal de San Nicolás. Nos encontramos con todo tipo de pérdidas de cohesión, pulverulencia y descamaciones, provocadas por la presencia de eflorescencias. Estos fenómenos se han agravado por la existencia de un material proteico identificado como caseína (fijativo y reavivante del color). (Informe de Estudios previos, 2013)

Los estudios previos realizados de las condiciones ambientales e identificación de agentes microbiológicos y contaminantes del espacio del templo y de la superficie pictórica mural se resumen a continuación.

5.3.3.- Contaminación microbiológica y partículas.

El estudio de la contaminación microbiológica del ambiente y de las pinturas, confirmó la existencia en superficie de agentes potenciales de biodeterioro, pero sin muestras de crecimiento. Se realizaron varias campañas de muestreo en seis zonas del templo y dos zonas del exterior. Algunas zonas presentan una elevada contaminación de bacterias esporuladas y presencia de hongos. Una excesiva carga microbiana implica un posible riesgo de biodeterioro de los elementos ornamentales expuestos a condiciones ambientales favorables, principalmente al aumento de la humedad relativa del aire y el mantenimiento de temperaturas facilitadoras de los procesos de crecimiento.

En los análisis de la evolución de los parámetros termohigrométricos que se presentan en este capítulo, se valorarán los posibles riesgos derivados de estos niveles de humedad y temperatura desfavorables, atendiendo a las variaciones de los mismos de forma estacional y diaria y su relación con las condiciones de crecimiento de estos organismos.

El estudio de la contaminación ambiental y de las pinturas, nos revela de forma clara la acumulación de hollín depositado sobre la superficie pictórica, y todo tipo de suciedad depositada a lo largo de los años, debida principalmente a la combustión de velas y la afluencia masiva de feligreses. Figura 5.12. Se aportará el análisis y discusión de las condiciones del interior del templo que puedan aumentar el riesgo de deposición de estas partículas en suspensión, atendiendo tanto a fenómenos físicos, electrostáticos y térmicos. (Informe de Estudios previos, 2013).



Figura 5.12. Estado de superficie pictórica durante el proceso de limpieza y restauración.

5.3.4.- Estudio Termohigrométrico.

El estudio previo termohigrométrico se realizó durante el periodo marzo-mayo de 2013 por parte del equipo de restauración bajo la dirección de J.L. Regidor, con mediciones puntuales, empleando instrumental portátil. En este periodo la temperatura ambiental de la nave central ha oscilado entre 14 y 22°C con variaciones de humedad relativa comprendidas en el rango 40-60%. Fenómenos de condensación se pueden apreciar en este periodo, condiciones habituales de primavera, en algunas zonas del pavimento del templo. La instalación del sistema automático de medición, y la observación de un ciclo anual, nos revelará si las condiciones para los fenómenos de condensación, de cristalización de sales, condiciones favorables para crecimiento de microorganismos y deposición de partículas, pueden llegar a poner en riesgo los elementos ornamentales en general y las pinturas murales en particular.

Como se describirá a lo largo de este capítulo, el sistema completo de medición termohigrométrico se comenzó a instalar en noviembre de 2014, produciéndose la puesta en funcionamiento del mismo el 19 de febrero de 2015. Veremos como la afluencia de visitantes afecta de forma notable a la variación de las condiciones ambientales del Templo, con el aporte de carga térmica, humedad, contaminantes y microorganismos. Se estudiarán los días de mayor afluencia de público en fechas señaladas, de forma más exhaustiva.

Los trabajos de apoyo, seguimiento y control coordinados en este caso por la arquitecta Valeria Marcenac, y llevados a cabo por los integrantes de diferentes grupos de I+D+i de la UPV, han sido y son durante el proceso de intervención, el complemento indispensable para la comprensión de las líneas de conservación de la obra y la correcta ejecución de las tareas de restauración. Por ello se hace necesaria la monitorización de un ciclo anual de los diferentes parámetros medioambientales. (Informe de Estudios previos, 2013).

5.3.5.- Estudio físico-químico.

El Laboratorio de Análisis Físico-Químico y Medioambiental, en coordinación con el Equipo de Restauración de pintura mural del Instituto de Restauración del Patrimonio, llevó a cabo, dentro de los estudios previos, la extracción de muestras correspondientes a las pinturas murales de la Iglesia de San Nicolás de Valencia, con el objetivo de caracterizar las mismas. En el trabajo se emplearán datos y resultados obtenidos por este equipo investigador, incluyendo algunas de sus fichas de seguimiento y análisis de materiales.

Como ya se indicó la actuación acometida por este equipo ha sido el estudio de caracterización de materiales y productos de alteración, mediante exámenes no destructivos. Caracterización de morteros, técnicas pictóricas, depósitos y contaminantes, realizados a través de técnicas de Microscopía Óptica, Microscopía Electrónica de Barrido con Microanálisis de Rayos-X (SEM/EDX), Espectroscopía

FT-IR, Difracción de rayos-X, Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas, Cromatografía iónica, etc. Con la correspondiente interpretación de los resultados analíticos. De estos análisis incluiremos algunos resultados expuestos en el documento de estudios previos.

La técnica pictórica empleada es el fresco, siendo la cal el medio para la fijación de los pigmentos. El *intonaco* está constituido por un mortero de cal con árido de naturaleza mixta (calcita, cuarzo y feldespatos) y granulometría diversa comprendida mayoritariamente entre 0,125 mm y 1,250mm. La dosificación de aglomerante: árido en este estrato es de 1:1. El *arriccio* está formado por un mortero de yeso, con granos de árido de naturaleza mixta (calcita, cuarzo, feldespatos y minerales arcillosos), con partículas de diámetro inferior a 0,250mm. En este caso su dosificación está cercana a 1:1. (Estudios Previos, Junio 2013).

La caracterización de las eflorescencias salinas mediante Difracción de rayos X. confirma la presencia de nitrato potásico (nitrocalita) como fase mineral mayoritaria y yeso como minoritaria en la superficie pictórica. En las criptoflorescencias se identifican mayoritariamente sulfatos, tales como yeso, epsomita, anhidrita, hexadrita y otros, detectados en varias muestras. (Informe de Estudios previos, 2013)

En los análisis de la evolución de los parámetros termohigrométricos que se presentarán en este capítulo, se analizarán los posibles riesgos derivados de estos niveles de humedad y temperatura desfavorables, relacionándolos con la posible cristalización y/o hidratación de algunas sales detectadas,

5.3.6.- Fases de la intervención general.

La fase de diagnóstico se completó con la etapa del diseño de los diferentes procesos de restauración, y analizadas las alternativas técnicas, se redactó la propuesta de intervención y se programaron las distintas fases en las que se ha

estructurado el proyecto. Para la realización de los diferentes procesos de intervención en las pinturas y revestimiento ornamental de la nave central de la iglesia, se ha ubicado un andamio que ha ido cambiando de posición a lo largo de las seis diferentes etapas. Habiéndose terminado de resturar el interior de la iglesia se ha procedido al desmontaje del andamio. En esta última etapa se ha procedido a afianzar los sensores del interior de la nave principal, que se mantendrán durante el periodo anual completo (hasta febrero de 2016), sin posibilidad de poder acceder a ellos.

5.3.7.- Intervención arquitectónica general.

Junto al proceso de restauración pictórica se ha llevado a cabo el fortalecimiento arquitectónico del templo en los puntos de cubiertas, estructura y algunas partes de los exteriores de la iglesia por parte del equipo dirigido por el Arquitecto D. Carlos Campos. Figura 5.13. La intervención en las cubiertas del edificio se realiza para asegurar que no exista ninguna entrada de agua incontrolada, ni de filtraciones de humedades ni de problemas estructurales de fisuras y grietas que se habían detectado en las cubiertas y fachadas del edificio. Figura 5.14.



Figura 5.13. Vista general de la cubierta de tejas de la Iglesia de San Nicolás.

Entre otros trabajos, se ha intervenido en la cubierta con el desmontaje de la misma para proceder al saneado de las fisuras y grietas correspondientes al interior del templo y la reposición de nuevo de la cobertura de teja para asegurar la estanqueidad absoluta. Con esta intervención, los problemas históricos que había por las humedades y que repercutían en las pinturas murales están ya solventados.



Figura 5.14. Intervención en cubierta. Refuerzo e impermeabilización del trasdós.

Iglesia de San Nicolás.

Las grietas tanto estructurales como superficiales, se encontraban a lo largo de toda la bóveda, siendo uno de los principales daños. Figura 5.15 y 5.16.



Figura 5.15 .Grieta entre muro y plementería del luneto 6.



Figura 5.16 .Reparación de grieta sobre pintura mural. Espacio 6-7.

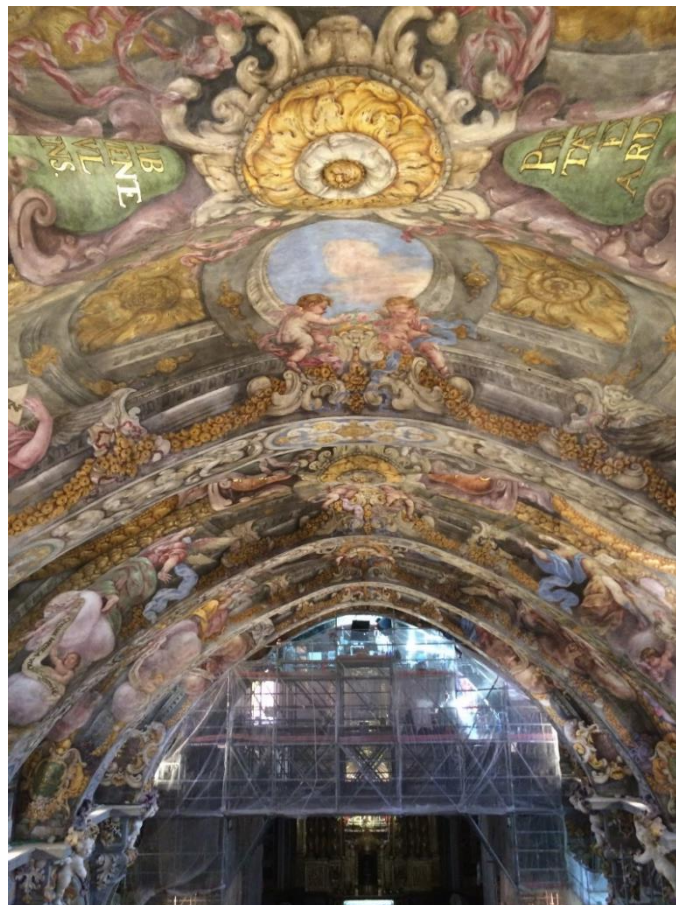


Figura 5.17. Perspectiva general de la bóveda de la nave central. Andamios al fondo. Iglesia de San Nicolás.

5.4.- Análisis termo-higrométrico de Iglesia de San Nicolás. 2014-2015.

5.4.1.- Objetivos de la investigación microclimática.

La instalación del sistema automático de medición ambiental con la observación de un ciclo anual completo, nos ha permitido realizar la evaluación de riesgos para los fenómenos de condensación, de cristalización de sales, condiciones favorables para crecimiento de microorganismos y deposición de partículas, sobre los elementos ornamentales en general y las pinturas murales en particular. Se han analizado los vínculos entre las condiciones ambientales interiores y la evolución del exterior, la afluencia de feligreses y el aumento de humedad específica, la apertura de las vidrieras y su efecto sobre las fluctuaciones diarias, etc.

El sistema completo de medición termohigrométrico se comenzó a instalar en noviembre de 2014, produciéndose la puesta en funcionamiento del mismo el 19 de febrero de 2015. De manera complementaria, se dispone de registros de temperatura y humedad relativa de la nave central desde el mes de mayo de 2014 hasta febrero de 2015, de varios datalogger portátiles provisionales hasta la puesta en marcha del sistema automático de medición de 18 puntos. Estas mediciones nos han servido para completar un ciclo anual completo, de las condiciones generales de la nave central.

5.4.2.- Ubicación de sensores.

Para realizar la labor de toma de datos y seguimiento de las diferentes variables en la Iglesia de San Nicolás durante los años 2014 y 2015, se dispone de un total de 18 sensores conectados, registrando información con una cadencia de 15 minutos. Esta cadencia de lectura y almacenamiento se estima suficiente para el análisis que posteriormente se realizará de las fluctuaciones tanto de amplitud como de velocidad de cambios ambientales. Para el tratamiento posterior de los datos se

emplearán promedios horarios agrupando las mediciones cada 15 min. Para esta toma de datos se dispone de un sistema de adquisición de datos TactilRoom de la marca BacotA Control Systems. Más adelante se indicarán las especificaciones técnicas del mismo.

Los parámetros seleccionados de medición automática son la temperatura, tanto ambiental como superficial y la humedad relativa. La variabilidad e interacción de estos parámetros son los definitorios de algunas de las condiciones de riesgos a las que está sometido el Bien de Interés Cultural por encontrarse en un entorno degradado. Tal y como se expuso en el capítulo 2, a lo largo de este trabajo relacionaremos los efectos de las condiciones variables de la temperatura y humedad con la deposición de contaminantes particulados y los factores de riesgo para el desarrollo de biodeterioro. El análisis exhaustivo de estos parámetros (contaminantes gaseosos, partículas, hongos, bacterias, insectos, etc.), corresponde a líneas de investigación de otros equipos de trabajo, cuyos resultados resumiremos en los puntos correspondientes.

Además de los registros continuos de estos parámetros críticos, se han realizado periódicamente mediciones puntuales tanto de verificación del buen funcionamiento de los sensores existentes, como de análisis de posibles diferencias espaciales. Para estas mediciones se emplea instrumental portátil, el cual se relaciona en el capítulo 1. Toda esta información es almacenada y procesada posteriormente. Los ficheros de datos extraídos del sistema de adquisición de datos de BacotA, son tabulados en hoja de cálculo para su posterior procesado. Para ello se ha diseñado una hoja de cálculo específica para elaboración de tablas, estadística básica y generación de gráficas e históricos de medidas.

Como ya se describió en el análisis ambiental de la Basílica de la Virgen, el proceso posterior implica la validación de los datos obtenidos por el sistema de monitorización, eliminando los registros erróneos provocados por interferencias tales como caídas de tensión, ensuciamiento de sensores, desconexiones por

cambio de posición de andamios, etc. También se procede a la obtención de parámetros derivados de los fundamentales, tales como humedad específica (W), temperatura de rocío (Tr), distancia al punto de rocío (DPR), etc. Multiplicando varias veces la cantidad de datos a almacenar y procesar. Por ello se realizan periódicamente copias de seguridad, tanto de los datos puros como de los ya procesados, ya que el volumen almacenado actual es de aproximadamente 1.200.000 datos (30 de octubre de 2015). Más adelante se mostrarán las diversas plantillas de toma de datos puntuales, así como otro tipo de mediciones realizadas para determinar las condiciones de uso de la Iglesia, tales como la asistencia diaria de visitantes, especialmente los lunes.

En la Iglesia de San Nicolás se ha dispuesto un total de 18 sensores para monitorizar principalmente la nave central del templo, la bóveda con pintura mural, las cubiertas y el exterior. Se ha tenido también en cuenta la accesibilidad tanto para el montaje como para el posterior mantenimiento de los equipos y cableado correspondiente. En los planos adjuntos se puede apreciar, tanto la situación de sensores como las líneas de cableado. La existencia de las estructuras de andamios tubulares ha sido muy importante para poder situar muchos de los puntos de control. Figura 5.17.

Para situar los 18 puntos de control se emplearon diversos criterios en base a los espacios sujetos a estudio, realizándose un análisis previo de las necesidades. En la tabla 5.1, se enumeran los sensores disponibles, atendiendo a su tipo, situación y canal de conexión al sistema centralizado de monitorización. Entre los espacios seleccionados podemos destacar:

- Seguimiento de los cambios de temperatura en la superficie de la pintura al fresco de la nave central y de varias pilastras y paramentos, mediante la colocación de sondas de temperatura superficial.

- Medición selectiva de humedad relativa ambiental en 4 puntos de la Iglesia de San Nicolás, incluyendo el trasdós de la bóveda, zonas exteriores e interiores.
- Recopilación de parámetros ambientales exteriores con datos proporcionados por AEMET, de la estación meteorológica situada en los Jardines de Viveros.

SENSORES IGLESIA SAN NICOLÁS.				
CANAL	SENSOR	TIPO	SITUACIÓN	AMBIENTE EXT/INT
CH00	T1	Tª SUP.	SOBRE TEJA NORTE	EXT
CH01	T2	Tª AMB	AMB TEJA NORTE	EXT
CH02	T3	Tª SUP.	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH03	T4	Tª SUP.	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH04	T5	Tª SUP.	SUP. FRESCO -OCULO	INT
CH05	T6	Tª SUP.	SUP. FRESCO ATRIO	INT
CH06	T7	Tª SUP.	SUP. PINTURA ÓCULO	INT
CH07	T8	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA CORNISA	INT
CH08	T9	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA PILASTRA	INT
CH09	T10	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA PILASTRA	INT
CH10-11	TH1	H. RELATIVA Y Tª	EXTERIOR OESTE	EXT
CH12-13	TH2	H. RELATIVA Y Tª	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH14-15	TH3	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE PILASTRA -OCULO	INT
CH16-17	TH4	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE CORNISA ATRIO	INT

Tabla 5.1. Listado sensores en funcionamiento y situación, año 2015. Iglesia de San Nicolás.

En el diseño y fabricación de estos sensores se ha prestado especial atención a los pesos y materiales empleados, así como al pegado especial en superficies pictóricas, consiguiendo en todo momento no dañarlas. En los planos adjuntos se localiza la red de cableado correspondiente a cada grupo de sensores, así como la situación de los controladores-distribuidores de señal intermedios. Figuras 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23. Esta instalación se ha realizado para el periodo de intervención. Una vez finalizado el periodo anual de medición, se propondrá el mantenimiento de la unidad de adquisición de datos, con varios sensores seleccionados, para realizar el seguimiento posterior a la intervención y efectuar un eventual control de apertura de ventanas (vidrieras), como sistema de control pasivo.

Planos de situación de sensores.

Para situar gráficamente los sensores, se han empleado los planos confeccionados por el equipo del Arq. Carlos Campos, y el grafismo de la Arq. Valeria Marcenac (coordinadora de los trabajos de apoyo, seguimiento y control).

Alzado Norte interior.

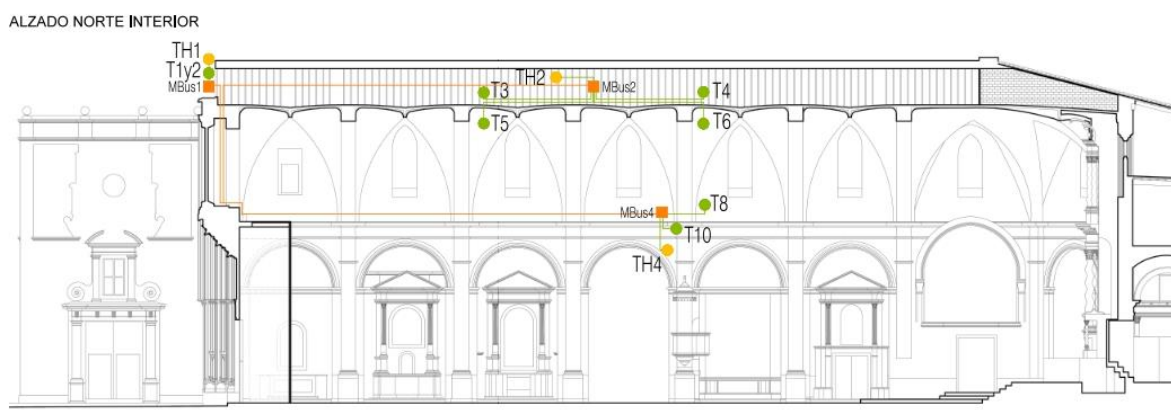


Figura 5.18. Situación de sensores. Alzado norte interior. Iglesia de San Nicolás.

Alzado Sur interior.



Figura 5.19. Situación de sensores. Alzado sur interior. Iglesia de San Nicolás.

Alzado Este interior.

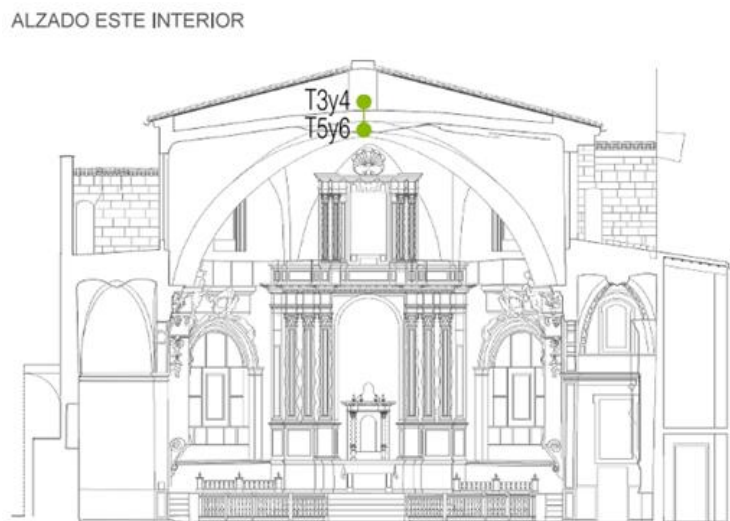


Figura 5.20. Situación de sensores. Alzado este interior. Iglesia de San Nicolás.

Alzado Oeste exterior.

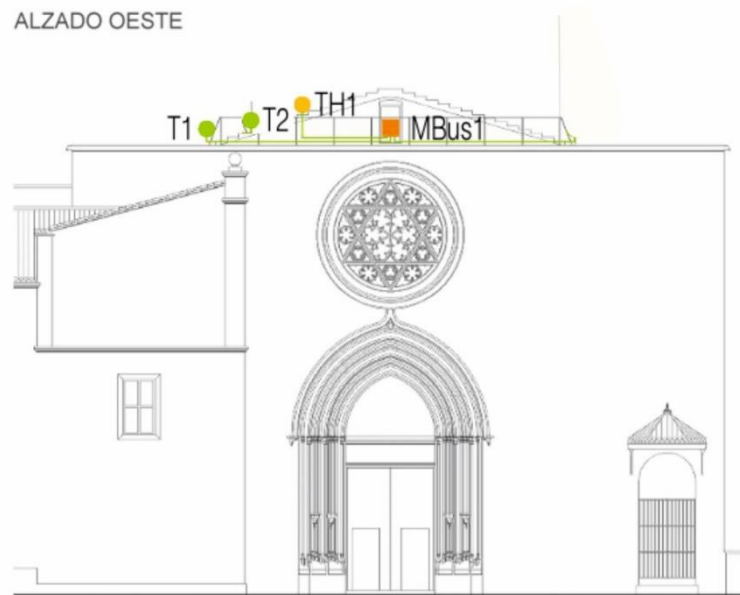


Figura 5.21. Situación de sensores. Alzado oeste exterior. Iglesia de San Nicolás.

Planta cenital.

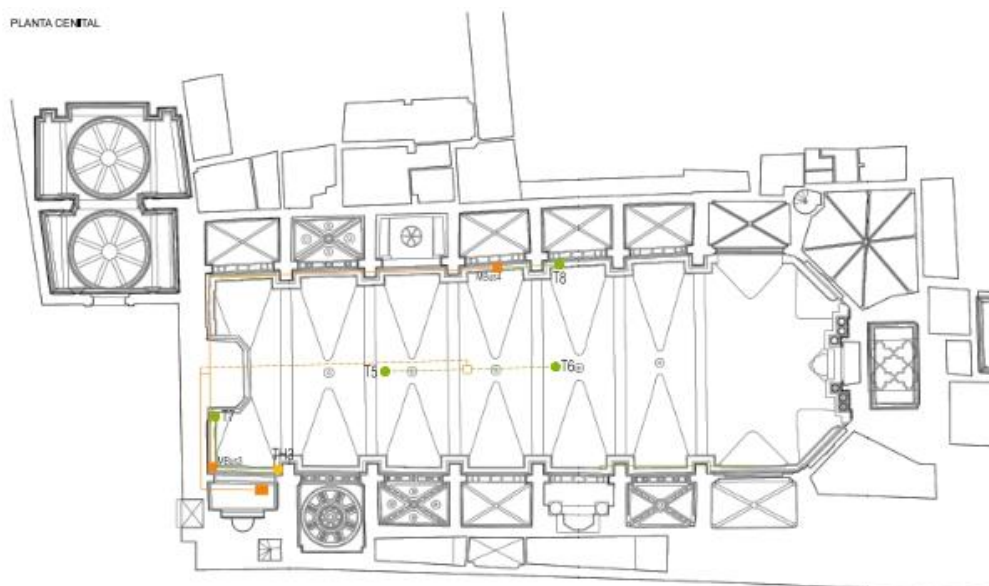


Figura 5.22. Situación de sensores. Planta cenital. Iglesia de San Nicolás.

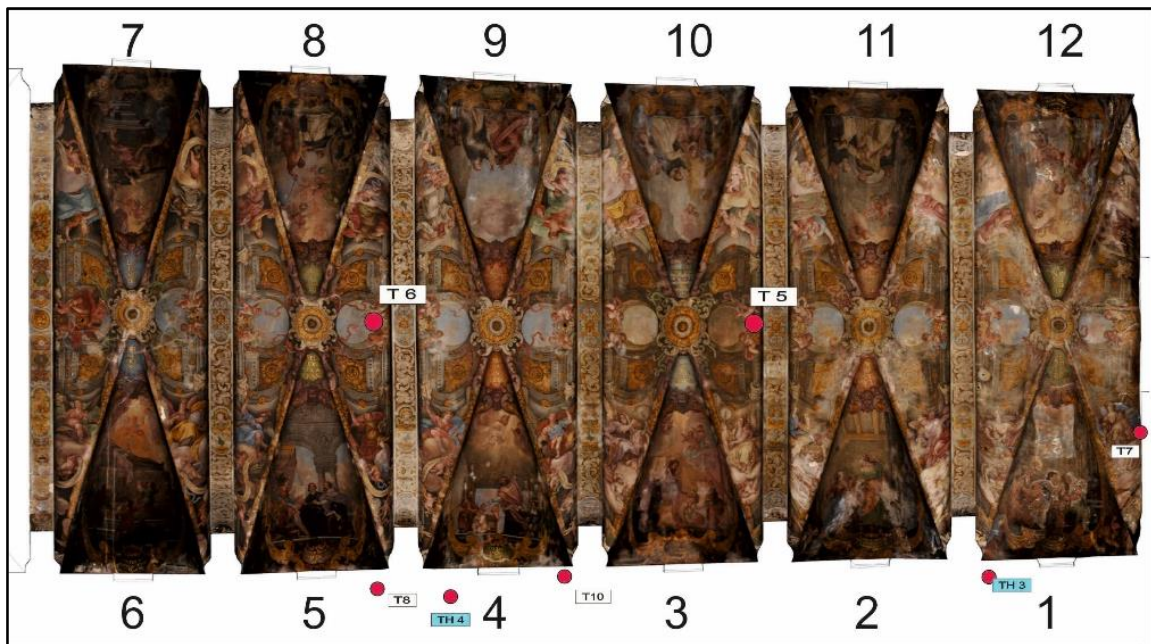


Figura 5.23. Situación de sensores. Fresco bóveda principal. Iglesia de San Nicolás.

5.4.3.- Equipos utilizados en la toma de datos.

Disponemos de un sistema de adquisición de datos BacotA Control Systems para control distribuido, modelo SSCDD-TFT-TA-16, figura 5.24, con microprocesador de campo, pantalla LED de 16" táctil de alta resolución, unidad de almacenamiento para gráficos, históricos y horarios, capacidad para 4 Buses 485, Red LAN de 10/100 Mbps con alimentación 220 Vca. Las dimensiones del equipo central son 400 x 300 x 60 mm, disponiendo de telecontrol por TCP-IP o Módem. El equipo es totalmente autónomo, disponiendo de re-arranque automático,

El sistema de transmisión de datos se realiza mediante cable BUS al sistema de medición de temperaturas y humedad, formado por cable bus Cervitronic Par Pos 2x2x0,5 mm² LSHF. De la calidad del cable y la instalación, depende gran parte de la fiabilidad de las mediciones realizadas en continuo, asegurando la buena comunicación con el sistema centralizado y la fortaleza ante perturbaciones exteriores (caída de rayos, sobretensiones, etc.). Todas estas mejoras respecto a anteriores instalaciones, pretenden evitar las averías y continuas caídas de señal

que se producían. El cableado se distribuye desde el cuadro principal a elementos mediante cables BUS, canalizados y aislados bajo tubo flexible corrugado con doble capa en recorrido exterior y al aire por recorrido interior de la Iglesia, disponiendo de cajas de registro y pequeño material necesario para su correcto montaje y mantenimiento.

Para el conexionado entre cables BUS y centralita, disponemos de cuatro módulos CEA-M, y un controlador en caja moldeada modular ModBus (Protocolo Abierto) de 8 entradas analógicas BacotA, con microprocesador INTEL 80.82, con resolución variable desde 12 Bits dando una gama desde 0 a 4.096 puntos de información diferentes para cada canal. Figura 5.25 y 5.26.

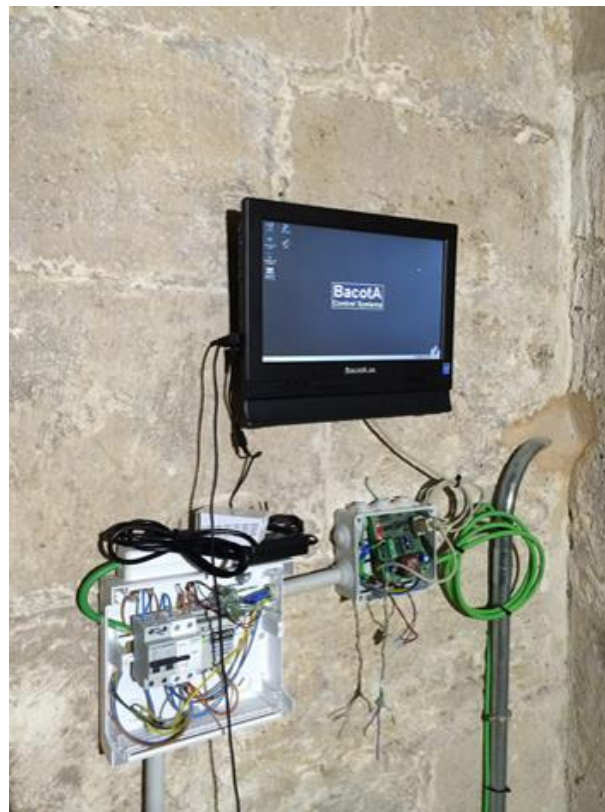


Figura 5.24. Instalación de Centralita de control.

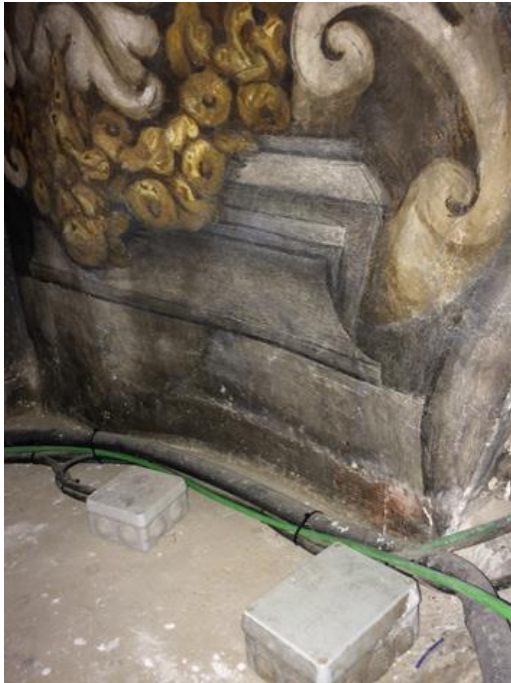


Figura 5.25. Cableado de control sobre cornisa.

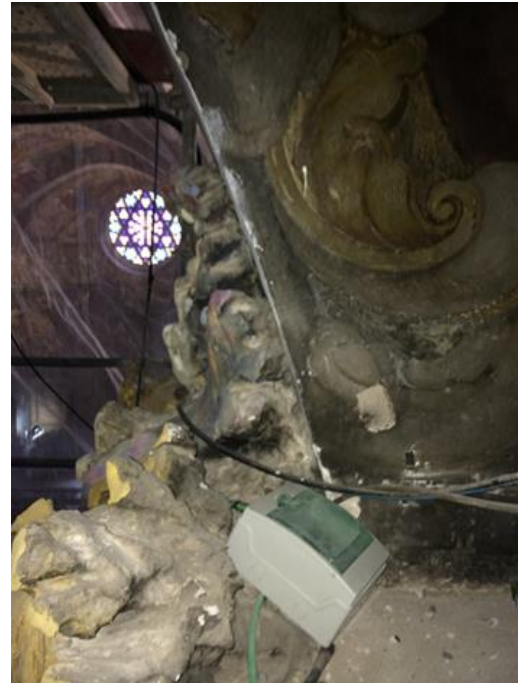


Figura 5.26. Caja de conexión de línea BUS sobre cornisa.

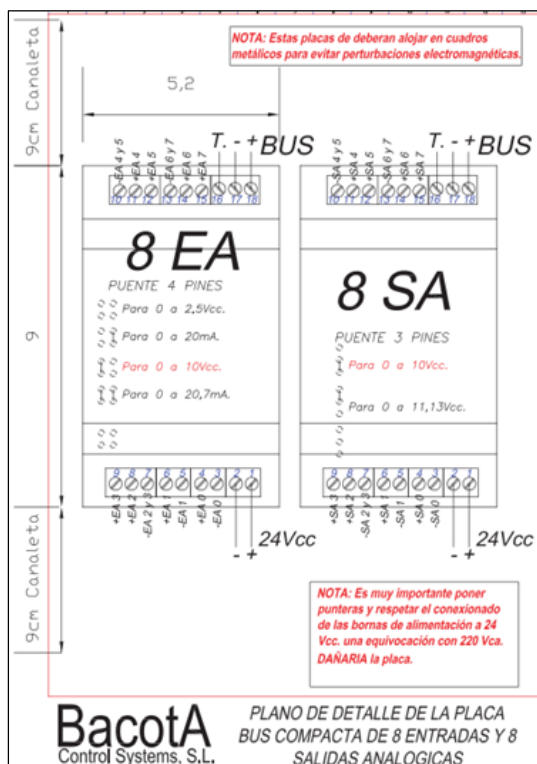


Figura 5.27. Plano conexiones de placa BUS.

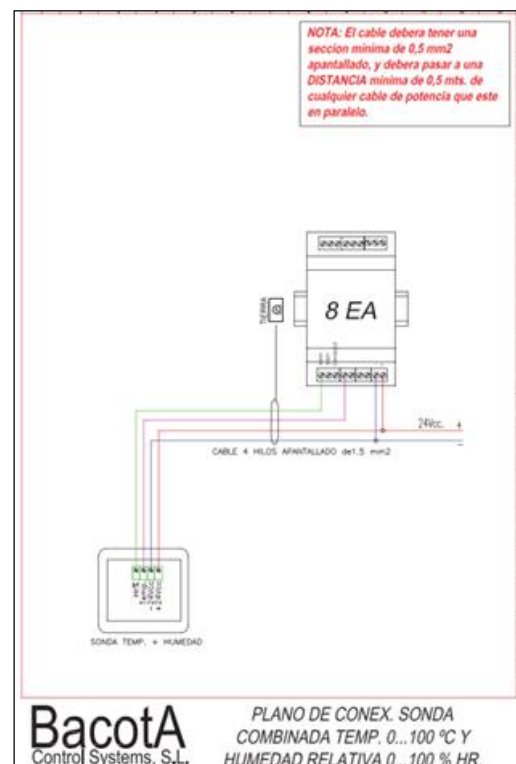


Figura 5.28. Ejemplo conexión sonda combinada Tª- HR.

Estos controladores admiten señales de 0...1V., 0...5V., 0...10V., 4...20mA., 0...20mA. y señales resistivas, para poder instalar una amplia gama de sensores, tal y como describimos en el punto del capítulo 1 dedicado a termometría. Las conexiones se realizan mediante interface SSCDD vía BUS, siendo todas conectables para su fácil desmontaje y soportación a través de carril DIN. Completamos el sistema con un convertidor inteligente de protocolo con control de RTS. Se incluyen en las figuras 5.27 y 5.28 los planos generales de conexión de la placa BUS y ejemplo de conexión de sonda combinada de T^a y HR.

Disponemos de los siguientes sensores:

- Tres sensores de temperatura y humedad relativa mod. STHB-5, figura 5.29 y 5.30, preparados para su conexión directa a un módulo de entradas analógicas de las siguientes características:
 - Rango temperatura entre 0 a 50 °C, Salida 0...2,5 Vcc. (standard).
 - Rango humedad Relativa 0 a 100%, Salida 0...2,5 Vcc. (standard).
 - Alimentación: 24 Vcc. ±3%.
 - Precisión: Temp. ±0,1°C - Hr% ±5%.

En estas sondas hay dos circuitos independientes, el de humedad relativa que consisten en un integrado lineal del tipo capacitivo que varía su capacidad de almacenar corriente en función de la humedad relativa que contienen sus paredes, y el sensor de temperatura que también es un circuito integrado lineal de alta precisión que varía la tensión suministrada en función a la temperatura a la que está expuesto.

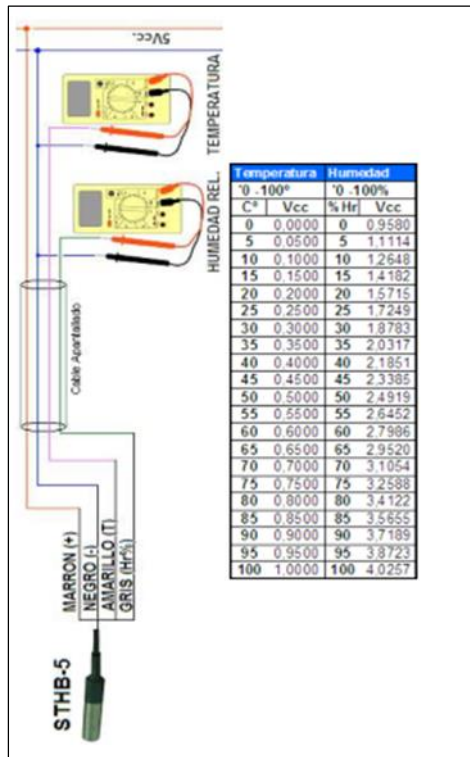


Figura 5.29. Tabla lineal de correspondencia voltaje-valor medición. Sensor STHB-5.

Figura 5.30. Sensor STHB-5 en campo. Zona central de la Bóveda. TH4.

- Un sensor de temperatura y humedad relativa mod. STHx-10. Fabricado para medir temperatura y humedad relativa en las condiciones más extremas y con gran precisión. Se sitúa en el exterior. Figura 5.31 y 5.32. Características:
 - Rango temperatura entre -50...60 °C, Salida 0...10 Vcc. (standard).
 - Rango humedad Relativa 0 a 100%, Salida 0...10 Vcc. (standard).
 - Alimentación: 24 ó 12Vcc. ±3%, < 1,5A., Consumo: 7 mA.
 - Precisión: Temp. ±0,5°C - Hr% ±5%.
 - Caja: Plástico ABS de 2,5 mm.
 - Caña: Acero inoxidable pulido A316.
 - El modelo ambiente exterior STHE10 es IP65.



Figura 5.33. Sensor de Tª ambiente sobre cubierta exterior. T2.

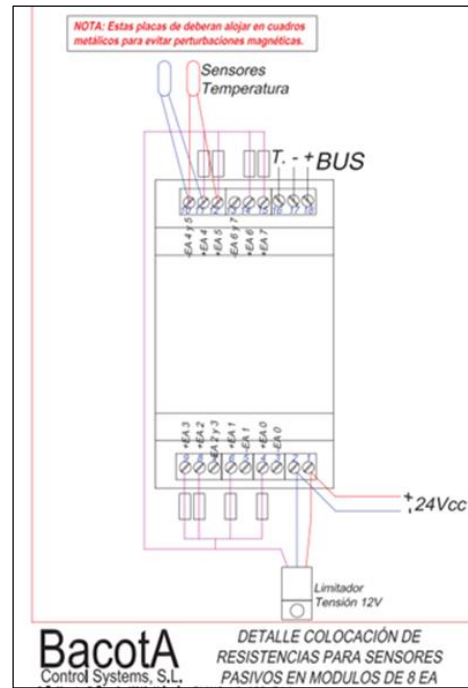


Figura 5.34. Esquema de conexión para sensores de Tª pasivos.



Figura 5.35. Ubicación de centralita de control.

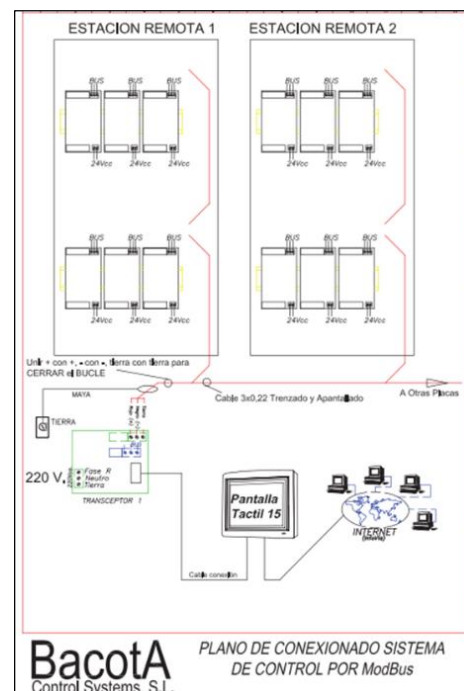


Figura 5.36. Diagrama de conexión remota.

Sensores sobre pintura mural.



Figura 5.37. Situación de sensor de T^a superficial sobre fresco. T5.

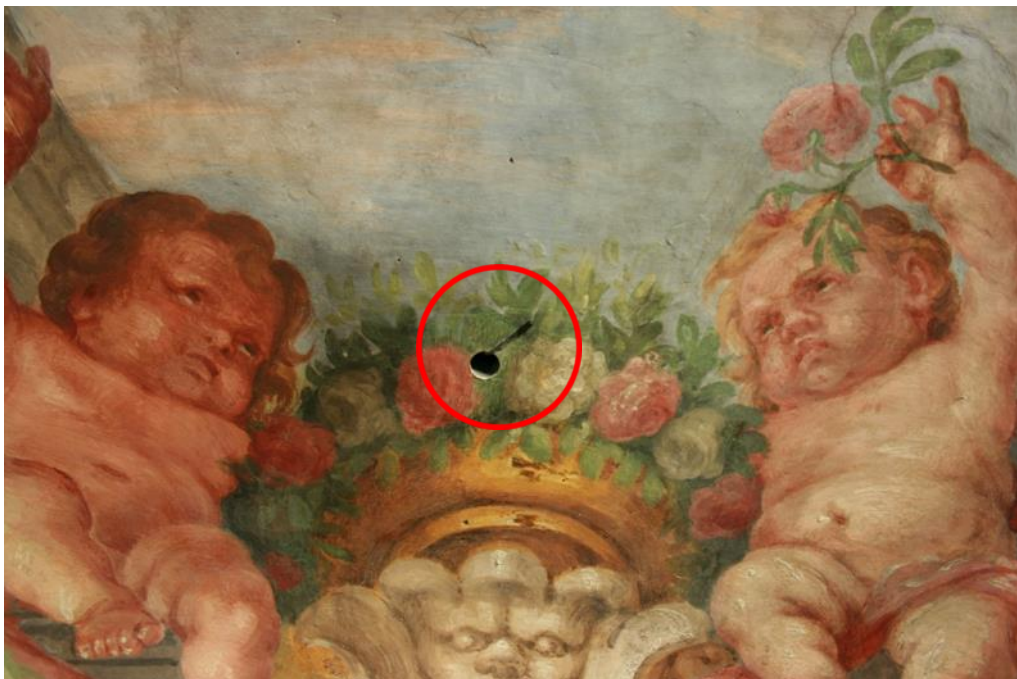


Figura 5.38. Situación de sensor de T^a superficial sobre fresco. T6.

Sensores exterior cubierta.



Figura 5.39. Sensor T1. Temperatura superficie tejas.



Figura 5.40. Ajuste sensor T1. Temperatura superficie tejas.



Figura 5.41. Ajuste sensor T2. Temperatura.



Figura 5.42. Ajuste sensor TH1.

Zona trasdós entre cubierta de tejas y bóveda interior.



Figura 5.43. Pasillo entre la cúpula y la cubierta.



Figura 5.44. Sensor TH2 de T^a-HR, pasillo trasdós bóveda.

Mediciones puntuales.



Figura 5.45. Toma de medidas de temperatura superficial y humedad en zonas de trabajo.

Sistema de visualización y control del sistema de monitorización.

La información que se visualiza en la pantalla, es totalmente gráfica, con iconos y elementos que van moviéndose y adecuando sus volúmenes y colores al funcionamiento de la instalación. Las pantallas son totalmente dinámicas y representan fielmente lo que está ocurriendo en las zonas monitorizadas.

El sistema está, constantemente y en tiempo real, recibiendo información de los sensores que componen la red. Los iconos y dibujos que simbolizan éstos elementos, están continuamente cambiando sus formas y colores, para realizar una representación virtual de la instalación que el sistema está monitorizando. En la figura 5.46 se representa la pantalla del primer desplegable, con todos los accesos a las diferentes opciones.



Figura 5.46. Pantalla de inicio con acceso a las diferentes opciones del programa de control.

En la pantalla residente (figura 5.47) con el plano de la instalación y situación de sensores con lectura a tiempo real, existe la información básica del sistema y los botones de desplazamiento necesarios para acceder a las diferentes pantallas que posee. De izquierda a derecha tenemos:

- Menú de las pantallas del sistema.
- Desplazamiento hacia la pantalla anterior.
- Desplazamiento hacia la pantalla posterior.
- Indicador de la pantalla actual.
- Botón para imprimir la pantalla actual.
- Botón para abrir el menú de escenas donde podremos configurar todos los elementos de la instalación.
- Hora actual, que si se encuentra en color verde estamos dentro del tiempo de autorización, si de color rojo deberemos identificarnos para poder estar autorizados y hacer cambios en el sistema.

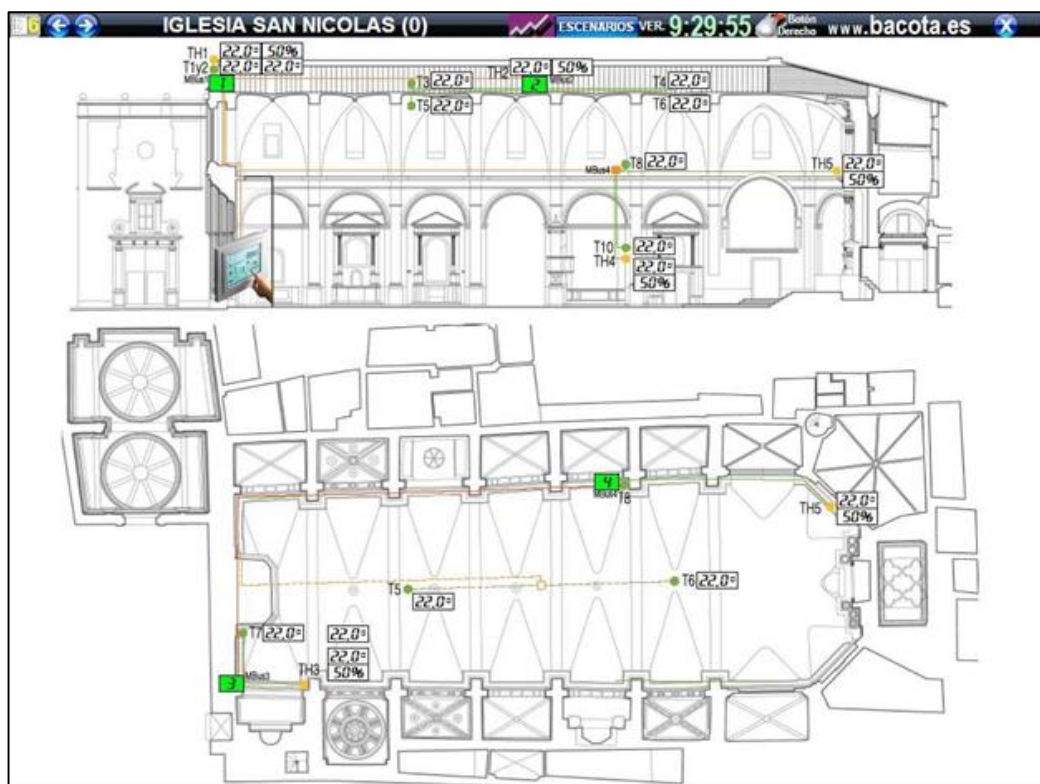


Figura 5.47. Pantalla residente con plano de situación de sensores.

El programa tiene la opción de representar el funcionamiento de la monitorización a través de los sensores instalados en ella. Los históricos de gráficos se almacenan en el propio sistema, siendo exportados a otras aplicaciones informáticas, para poder obtener los parámetros derivados que ya hemos comentado anteriormente. Figura 5.48.

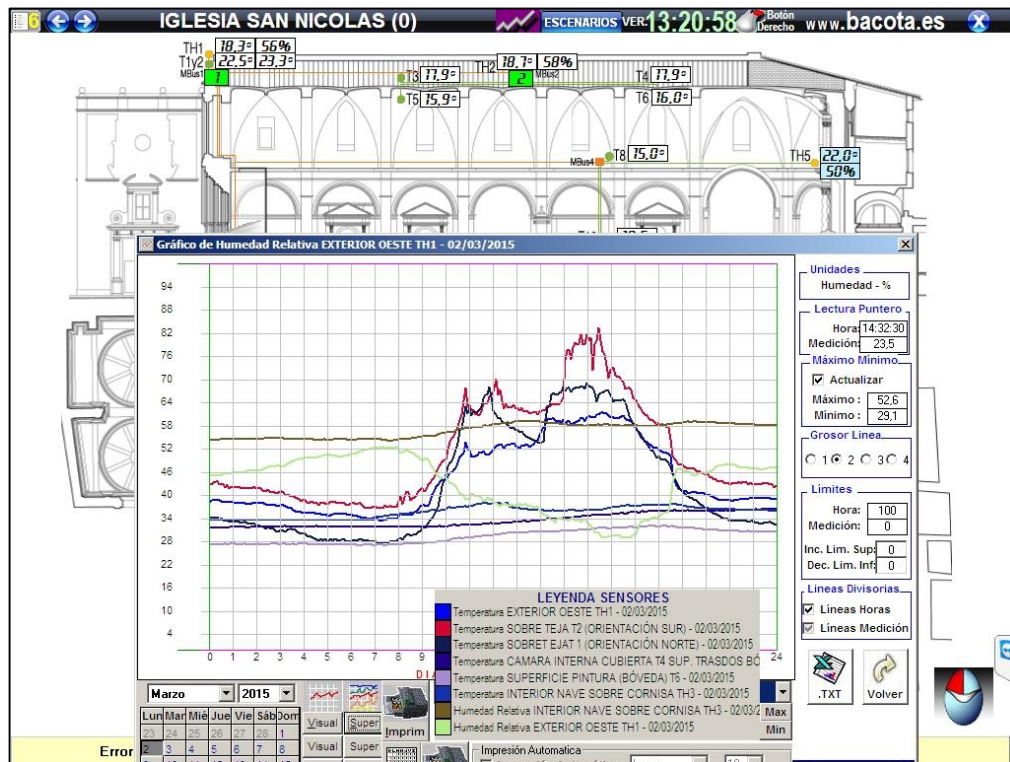


Figura 5.48. Pantalla de visualizador de históricos de graficas de evolución de sensores.

El programa es muy intuitivo en su manejo, con la versatilidad de su pantalla táctil para realizar rápidas selecciones y búsquedas. Adjuntamos varias imágenes de pantallas del sistema en la figura 5.49. En la figura 5.50 se muestra el listado de puntos de control con características de los mismos, conexiones y entradas de reserva para futuras ampliaciones y/o modificaciones del sistema.



Figura 5.49. Varias pantallas con menús desplegables del sistema centralizado.

LISTAS DE PUNTOS DE CONTROL SAN NICOLAS 15/12/14								
Pos.	ELEMENTO	TIPO	MOD	PUN.	TENSION	DESDE	HASTA	CABLE
1								
2	Reserva	EA	1	0				
3	Reserva	EA	1	1				
4	Humedad Relativa EXTERIOR OESTE TH1	EA	1	2	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	4x1Ap.
5	Temperatura EXTERIOR OESTE TH1	EA	1	3	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	
6	Temperatura SOBRE TEJA T1	EA	1	4	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
7	Temperatura SOBRE TEJA T2	EA	1	5	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
8	Reserva	EA	1	6				
9	Reserva	EA	1	7				
10	Humedad Relativa INTERIOR HAVE CORNISA TH2	EA	2	0	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	4x1Ap.
11	Temperatura INTERIOR HAVE CORNISA TH2	EA	2	1	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	
12	Temperatura CAMARA INTERNA CUBIERTA T3	EA	2	2	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
13	Temperatura CAMARA INTERNA CUBIERTA T4	EA	2	3	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
14		EA	2	4				
15	Temperatura SUPERFICIE FRESCO T5	EA	2	5	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
16	Temperatura SUPERFICIE FRESCO T6	EA	2	6	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
17	Reserva	EA	2	7				
18	Reserva	EA	3	0				
19	Reserva	EA	3	1				
20	Humedad Relativa INTERIOR HAVE PILASTRA TH3	EA	3	2	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	4x1Ap.
21	Temperatura INTERIOR HAVE PILASTRA TH3	EA	3	3	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	
22	Reserva	EA	3	4				
23	Temperatura SUPERFICIE FRESCO T7	EA	3	5	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
24	Temperatura SUPERFICIE PINTURA PILASTRA T9	EA	3	6	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
25	Reserva	EA	3	7				
26	Reserva	EA	4	0				
27	Reserva	EA	4	1				
28	Humedad Relativa CAMARA INTERNA CUBIERTA TH4	EA	4	2	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	4x1Ap.
29	Temperatura CAMARA INTERNA CUBIERTA TH4	EA	4	3	0-10V	ER-Cuadro	Sonda	
30	Temperatura SUPERFICIE PINTURA CORNISA T8	EA	4	4	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
31	Temperatura SUPERFICIE PINTURA PILASTRA T10	EA	4	5	pasiva	ER-Cuadro	Sonda	2x1Ap.
32	Reserva	EA	4	6				
33	Reserva	EA	4	7				
34	Modulos + F.A.	5	30	cm.	CARRIL DIN			
35	Comunicación Modulos Bacota	COM1		ModBus	CPU	Convertidor	BUS	

Figura 5.50. Listado de puntos de control del sistema de monitorización, con indicación de características de cada punto y conexiones libres.

5.4.4.- Resumen de resultado de campaña de medidas.

Tal y como se indicó anteriormente en los objetivos y procedimientos de investigación, el análisis microclimático pretende caracterizar la evolución y tendencias de parámetros psicrométricos en los ambientes sometidos a estudio, relacionando las diferentes variables entre sí, tanto internas como externas. Siguiendo las fases de investigación empleadas en el estudio de la Basílica de la Virgen, nos centraremos en tres puntos fundamentales:

- Observación de un período mínimo anual de las variaciones de la temperatura y humedad relativa en los diferentes espacios que componen el edificio
- Determinación de la influencia de los diversos focos de temperatura y humedad existentes en el comportamiento térmico global de cada espacio.
- Identificación y valoración de los riesgos detectados. Aspectos como las condiciones para la aparición de biodeterioro, deposición de partículas sobre superficies, migración de humedad en paramentos o pinturas murales, condensaciones y otros, serán evaluados en base a experiencias propias, a normativas y/o recomendaciones de distintos autores.

Empleando la metodología y herramientas expuestas en el Capítulo 1 y 2, en este punto presentaremos el resumen de los datos microclimáticos obtenidos a lo largo de un periodo anual de observaciones, caracterizando los mismos de las siguientes formas:

- Caracterización anual. Obtendremos los valores medios, extremos y de frecuencia de los parámetros medidos. En el caso de la Iglesia de San Nicolás el estudio se hará desde octubre de 2014 a septiembre de 2015, aunque se disponen de datos de temperatura y humedad relativa de la nave central desde mayo de 2014.

- Caracterización estacional. Obtendremos datos de periodos con mayores fluctuaciones, analizando la dispersión de los mismos entre estaciones como invierno y verano, y estaciones intermedias otoño y primavera.
- Caracterización de las fluctuaciones breves en periodos mensuales, diarios y horarios. Representaremos mes a mes las tablas resumen de datos puros y su tratamiento estadístico básico, Estas fluctuaciones breves suponen el mayor riesgo para los elementos ornamentales, y están muy relacionadas con los usos de los espacios, principalmente por la asistencia de visitantes.
- Caracterización del clima externo y su relación con las fluctuaciones interiores. Se valorará la capacidad amortiguadora de la envolvente (edificio), pudiendo distinguir el origen de las perturbaciones detectadas para una posterior propuesta de acciones tanto activas como pasivas. Analizaremos la influencia en el interior de la Iglesia de las olas de calor ocurridas en los meses de mayo y julio de 2015.

Los datos proporcionados por el sistema de monitorización, se validan y se incorporan a una tabla de cálculo, diseñada para confeccionar automáticamente tanto los parámetros psicrométricos necesarios, como las gráficas de evolución que se precisen, atendiendo a: fecha, día, hora y canal. Figura 5.51. Como resumen del ciclo anual, se presentarán más adelante las tablas generales de oscilaciones, tanto anuales, mensuales, diarias y horarias para los registros de los sensores de especial interés para el estudio.

Estas tablas y los datos estadísticos asociados, se obtienen del análisis pormenorizado realizado cada mes, para cada sensor, reflejado en las tablas resumen de las figuras 5.52, 5.53 y 5.54. Estas tablas están diseñadas con dos objetivos: la simplicidad de lectura con los datos más relevantes en una misma hoja y la facilidad de introducción de los parámetros.

MES	DIA	HORA	HR EXT. VIVEROS	HR EXT. UPV.	Tº EXT. UPV.	Tº EXT. VIVEROS	CH00	CH01	CH02	CH03	CH04	CH05
							T1-EXT. TEJA	T2-EXT. AMB. SUR	T3-TRASDOS	T4-TRASDOS	T5-MURAL OCULO	T6-MURAL ATRIO
2	19	0	43	68	9,7	13,1	12,23	10,81	15,28	15,31	14,87	15,22
2	19	1	43	69	9,1	12,8	11,97	10,61	15,78	15,68	14,85	15,17
2	19	2	46	73	8,8	12,4	10,84	9,42	15,74	15,71	14,85	15,13
2	19	3	47	75	8,3	11,5	10,28	8,76	15,67	15,68	14,82	15,09
2	19	4	48	79	7,9	10,9	9,67	8,13	15,69	15,67	14,74	15,08
2	19	5	52	79	7,9	10,4	9,66	8,13	15,62	15,66	14,74	15,08
2	19	6	56	86	8,2	10,4	9,21	7,63	15,49	15,58	14,74	15,07
2	19	7	60	76	9	9,8	9,21	7,70	15,31	15,47	14,74	15,03
2	19	8	51	73	9,4	10,8	9,57	8,25	15,22	15,34	14,89	15,42
2	19	9	48	70	9,7	12	11,24	10,09	15,23	15,30	15,10	15,77
2	19	10	42	83	9,8	13	11,93	10,84	15,57	15,29	15,04	15,51
2	19	11	43	68	11,5	13,6	12,27	11,36	15,47	15,23	15,41	16,23
2	19	12	42	66	12,3	15,6	13,20	12,62	15,58	15,06	15,52	16,21
2	19	13	42	63	13	15,1	13,96	13,73	15,62	15,02	15,50	16,18
2	19	14	43	62	13,2	14,5	14,92	13,55	15,64	15,04	15,25	15,74
2	19	15	45	63	13,3	14,3	15,11	14,75	15,69	15,00	15,27	15,92
2	19	16	45	67	12,9	13,9	14,59	15,32	15,73	15,08	15,42	16,20
2	19	17	44	71	12,3	13,3	14,90	15,19	15,71	15,12	15,39	16,03
2	19	18	46	75	11,7	13,1	14,06	13,67	15,68	15,20	15,20	15,66
2	19	19	48	81	11,1	12,7	12,94	12,04	15,66	15,24	15,06	15,46
2	19	20	49	86	9,3	12,5	12,02	10,85	15,66	15,31	14,96	15,37
2	19	21	51	86	9,1	12,4	11,20	9,95	15,48	15,28	14,90	15,29
2	19	22	55	78	8,6	10,8	10,64	9,17	15,29	15,20	14,84	15,27
2	19	23	55	75	8,2	10,1	9,75	8,15	15,22	15,18	14,79	15,18

Figura 5.51. Ejemplo de parte de tabla de cálculo inicial antes de procesamiento de los datos.

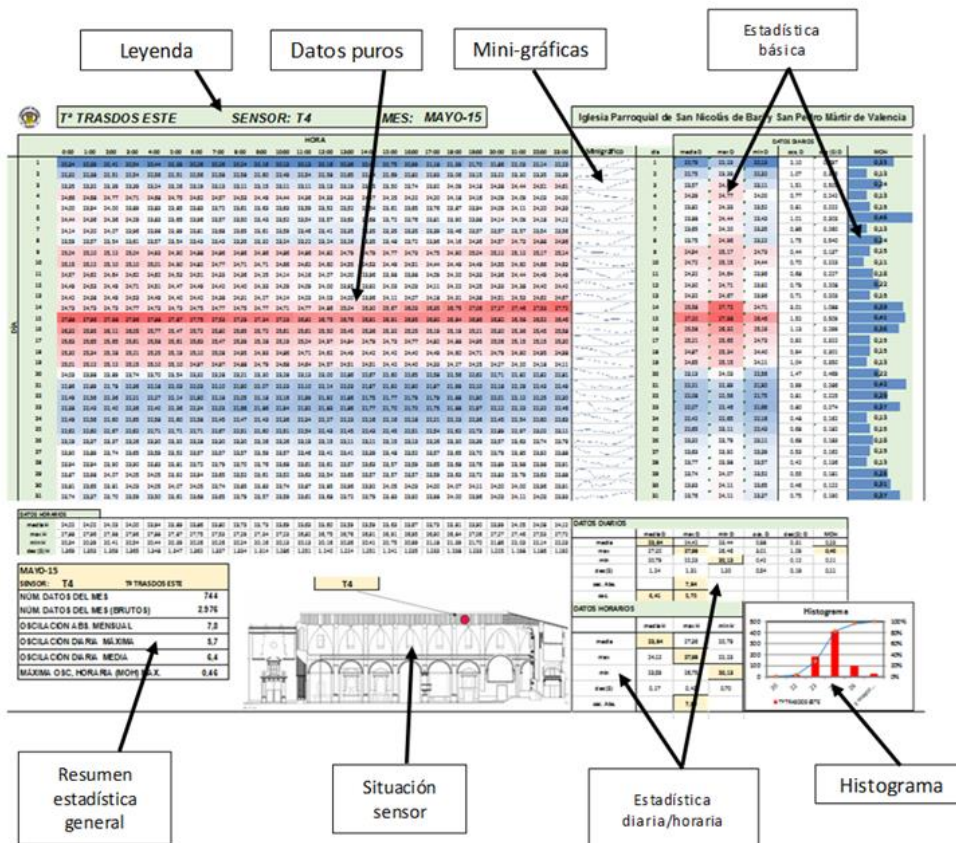


Figura 5.52. Descripción de campos de tabla estadística-resumen mensual.

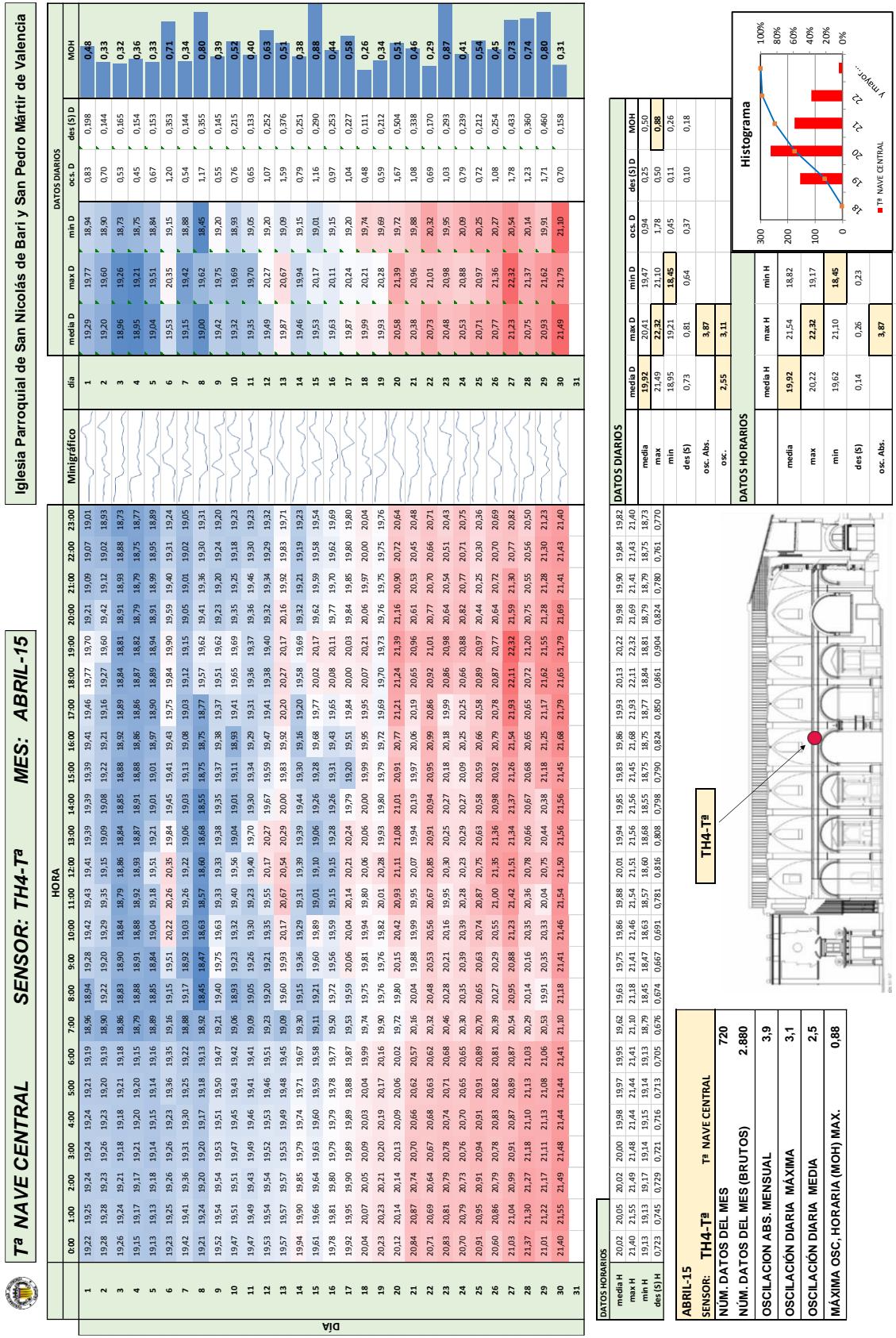


Figura 5.53. Ejemplo de tabla estadística-resumen mensual. Sensor TH4-T. Mes abril 2015.

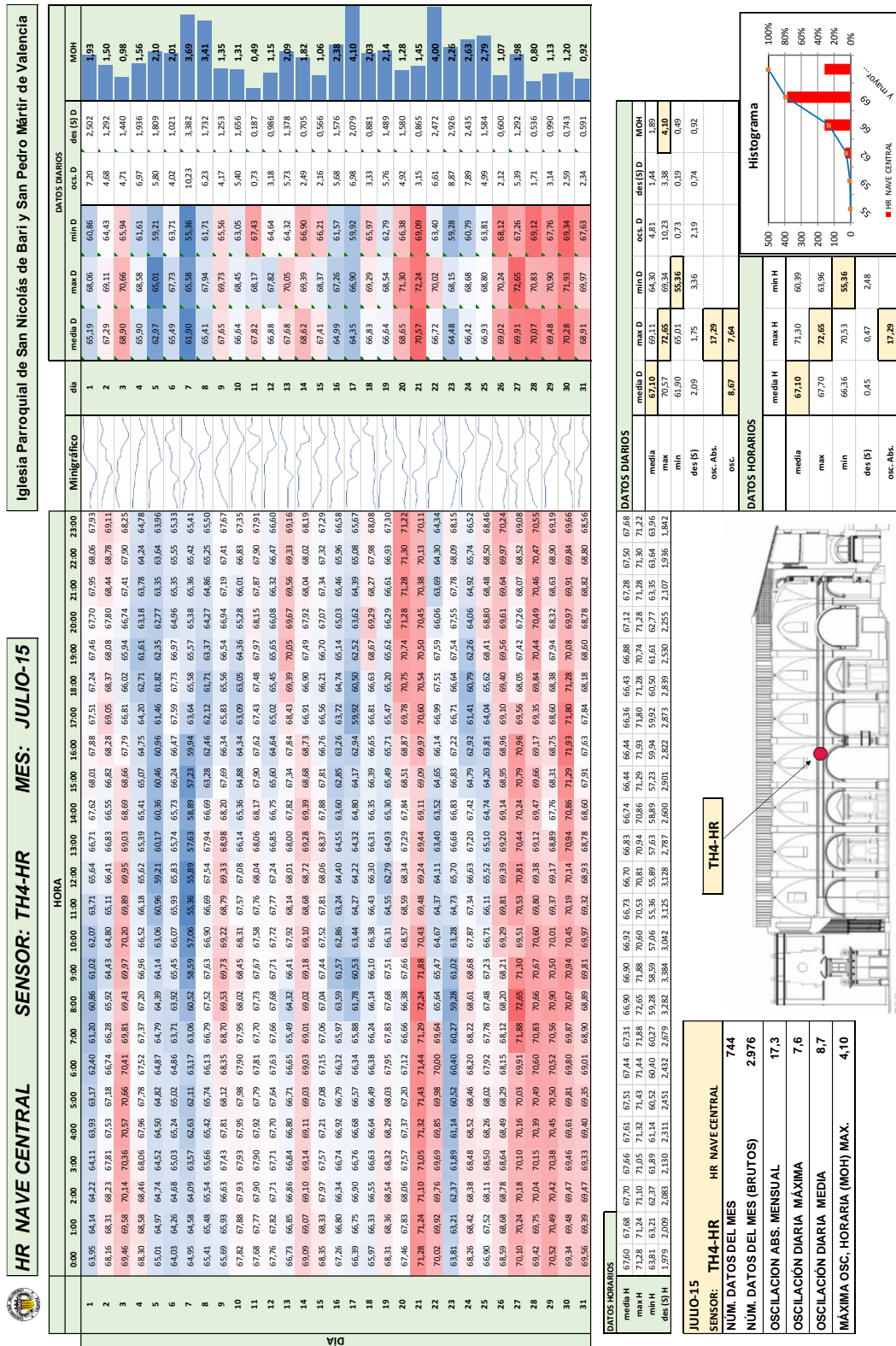


Figura 5.54. Ejemplo de tabla estadística-resumen mensual. Sensor TH4-HR. Mes julio 2015.

Adjuntamos también en las figuras 5.55 y 5.56 las plantillas de mediciones manuales empleadas para el seguimiento de los parámetros efectuadas a lo largo del periodo de investigación. Estas comprobaciones y anotaciones sirven para validar el buen funcionamiento del sistema automático de monitorización y comprobación de la existencia de gradientes espaciales.

FICHA TOMA DATOS PUNTUALES. Nº INSTRUMENTAL:	IGLESIA DE SAN NICOLÁS Y SAN PEDRO MÁRTIR.	
	FECHA:	TÉCNICO:
	Temp. Ext. °C H.R. Ext. %	
	OBSERVACIONES:	

Figura 5.55. Ejemplo de ficha de toma de datos manual. Alzados interiores, Iglesia de San Nicolás.


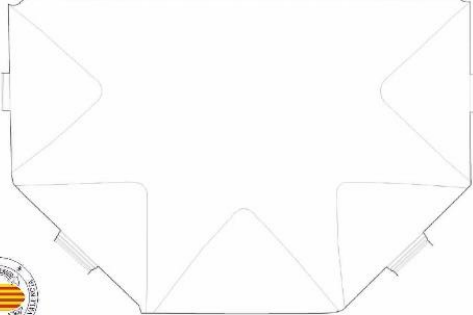







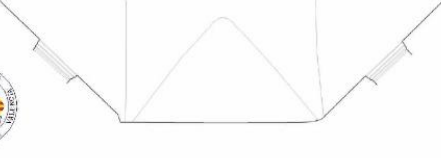
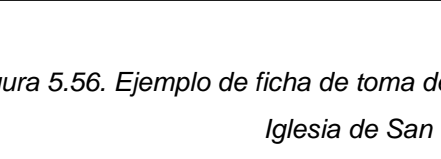


			12
			11
		10	
		9	
		8	
		7	
		6	
		5	
		4	
		3	
		2	
		1	
<p>FICHA TOMA DATOS PUNTUALES.</p>		<p>IGLESIA DE SAN NICOLÁS Y SAN PEDRO MÁRTIR.</p>	
<p>INSTRUMENTAL:</p>		<p>FECHA:</p>	<p>HORA:</p>
		<p>Temp. Ext. °C</p>	<p>H.R. Ext. %</p>
		<p>TÉCNICO:</p>	
		<p>OBSERVACIONES:</p>	

Figura 5.56. Ejemplo de ficha de toma de datos manual. Pinturas bóveda. Iglesia de San Nicolás.

5.4.4.1.- Caracterización anual.

Obtendremos los valores medios, extremos y de frecuencia de los parámetros medidos. En la Iglesia de San Nicolás se disponen de datos de temperatura y humedad relativa de la nave central desde mayo de 2014. La mayoría de los análisis contemplarán un ciclo anual desde octubre de 2014 a septiembre de 2015. En la tabla 5.2, se presentan los principales parámetros estadísticos correspondientes al sensor TH4, situado en la zona central de la bóveda.

TEMP. NAVE CENTRAL		HR NAVE CENTRAL	
Media	23,23	Media	57,44
Error típico	0,0485	Error típico	0,0761
Mediana	24,57	Mediana	58,30
Moda	15,00	Moda	65,20
Desviación estándar	5,04	Desviación estándar	7,91
Varianza de la muestra	25,44	Varianza de la muestra	62,61
Curtosis	-1,26	Curtosis	-0,20
Coefficiente de asimetría	-0,38	Coefficiente de asimetría	-0,57
Rango	17,24	Rango	45,10
Mínimo	13,70	Mínimo	30,30
Máximo	30,94	Máximo	75,40
Mayor (1)	30,94	Mayor (1)	75,40
Menor(1)	13,70	Menor(1)	30,30
Nivel de confianza(95,0%)	0,095	Nivel de confianza(95,0%)	0,149

Tabla 5.2. Estadística descriptiva de temperatura y humedad relativa en ambiente nave central

En las gráficas de la figura 5.57 se comparan las evoluciones de tres sensores combinados de Tª y HR, denominados TH3, TH4 y TH1, correspondientes al interior y exterior de la Iglesia de San Nicolás, en el periodo Mayo 2014 a septiembre de 2015. En estas primeras representaciones ya se puede observar la importante amortiguación de los niveles ambientales exteriores con respecto al interior, así como las tendencias estacionales (más definidas en la evolución de las temperaturas). A la vista de la idéntica evolución de los valores de los dos sensores de Tª y HR del interior de la iglesia, emplearemos de forma habitual los datos correspondientes al TH4 situado en la zona central de la bóveda.

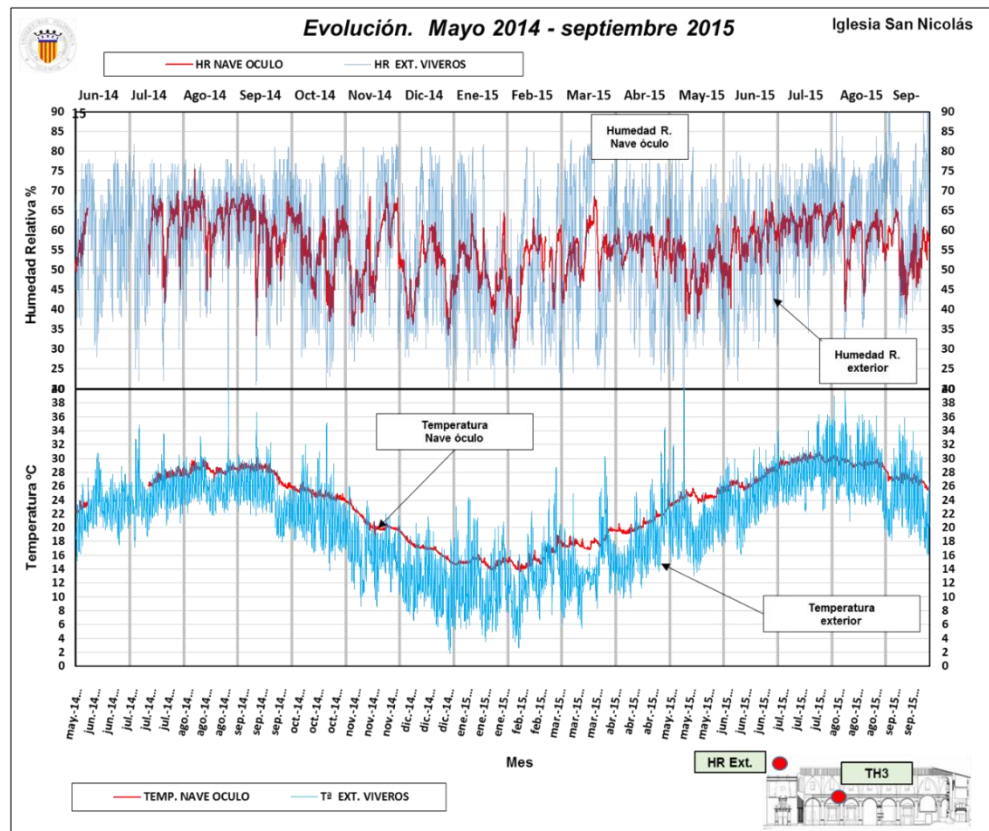
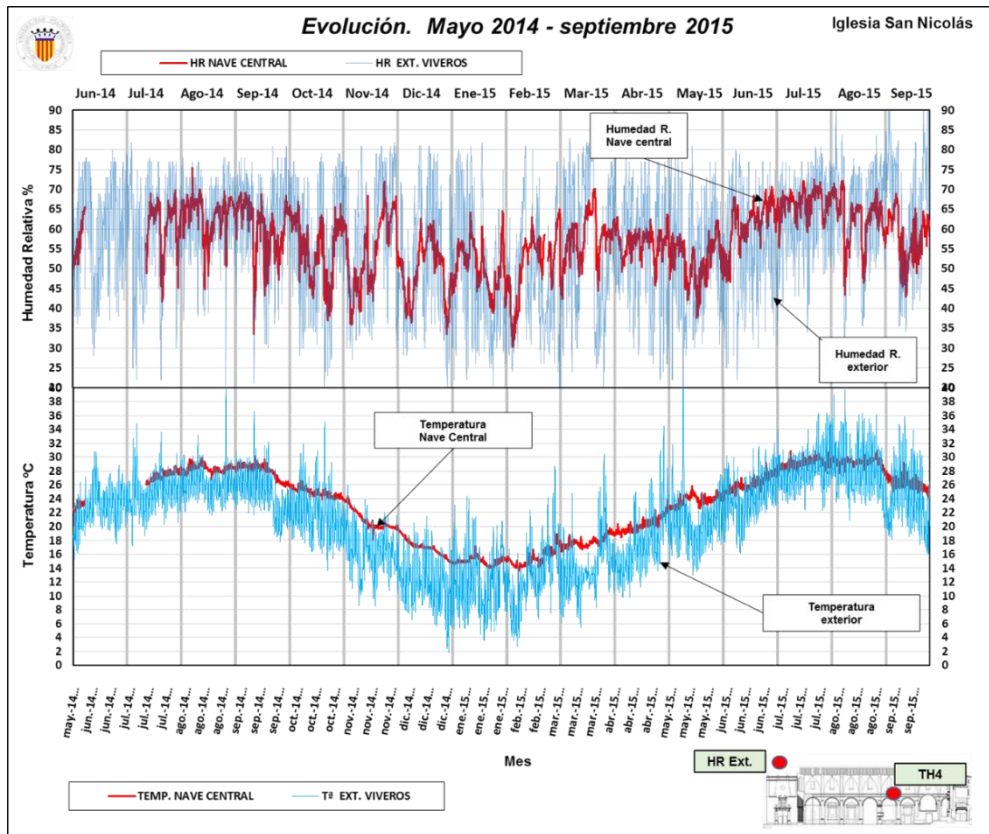


Figura 5.57. Evolución de temperatura y humedad relativa exterior e interior. Periodo mayo 2104 – septiembre 2015.

El valor medio anual de temperatura es de 22.15°C y de 56.66% de humedad relativa, siendo los valores medios de los máximos mensuales de 22.58°C y 59.64% y los valores medios de los mínimos mensuales de 21.68°C y 53.57%. En la gráfica de la figura 5.58 se representan las medias-mínimas-máximas mensuales del periodo de estudio.

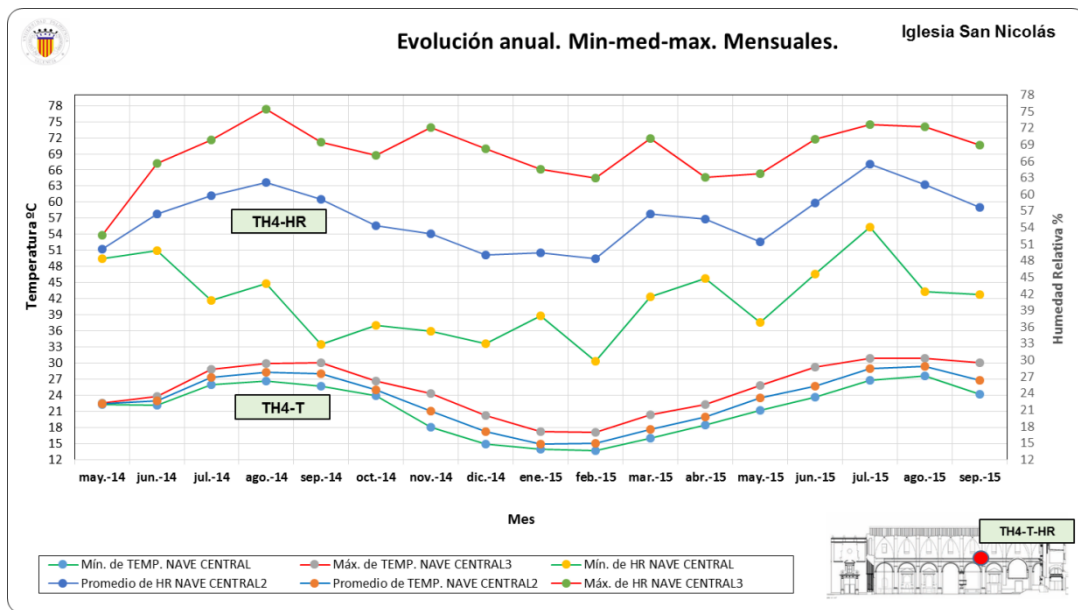


Figura 5.58. Evolución anual de valores medios, mínimos y máximos mensuales. Sensor TH4.

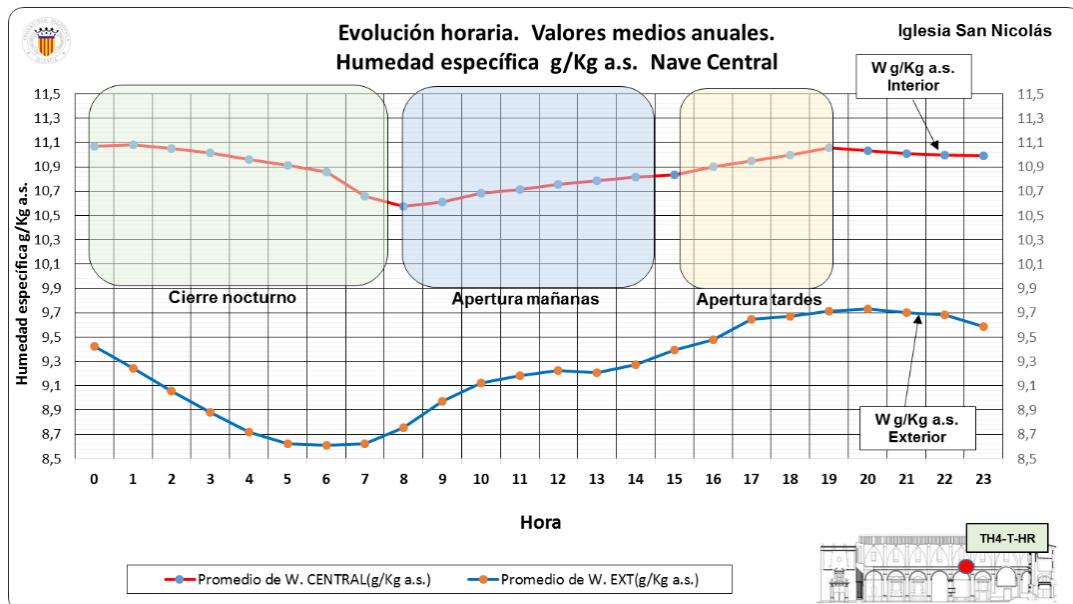


Figura 5.59. Evolución horaria de valores medios anuales de humedad esp. Sensor TH4.

La gráfica de la figura 5.59 representa la evolución horaria en valores medios anuales de la humedad específica. Se aprecia un ligero aumento de la humedad específica del ambiente interior en los periodos de apertura de la Iglesia durante la mañana y la tarde, que no se corresponde con los niveles de humedad específica externa. Este efecto se aprecia de forma más acusada todos los “lunes de San Nicolás”, con la masiva afluencia de feligreses.

Del análisis pormenorizado de las tablas resumen mensuales (ver anexos), se obtienen los valores estadísticos más representativos de los parámetros ambientales medidos en la zona media de la bóveda. (Tabla 5.3). Estos datos y otros relativos a las fluctuaciones de los mismos, se emplearán más adelante en el análisis de riegos.

	TEMPERATURA NAVE CENTRAL °C							HUMEDAD RELATIVA NAVE CENTRAL %							TH4-T	TH4-HR			
	MEDIA MES	MEDIA MES MAX. DÍA	MEDIA MES MIN. DÍA	MÁXIMA MES	MÍNIMA MES	MED(máx)-MED(mín)	MÁX-MIN	DE	(Desviación Estándar)	EE (Error Estándar)	MEDIA MES	MEDIA MES MAX. DÍA	MEDIA MES MIN. DÍA	MÁXIMA MES			MÍNIMA MES	MED(máx)-MED(mín)	MÁX-MIN
JUNIO 2014	22,98	23,38	22,63	23,77	22,10	0,75	1,66	0,418	0,033	57,37	59,54	55,14	65,26	51,01	4,40	14,25	4,0869	0,3231	
JULIO 2014	27,33	27,81	26,95	28,80	26,00	0,86	2,80	0,627	0,029	61,18	64,74	57,28	69,90	41,70	7,46	28,20	5,9301	0,2707	
AGOSTO 2014	28,34	28,77	28,01	29,90	26,70	0,76	3,20	0,479	0,009	63,74	66,47	60,68	75,40	44,80	5,79	30,60	4,4770	0,0821	
SEPTIEMBRE 2014	28,02	28,43	27,66	30,10	25,70	0,77	4,40	1,026	0,019	60,61	64,31	56,18	69,40	33,50	8,14	35,90	6,3252	0,1159	
OCTUBRE 2014	24,96	25,34	24,67	26,60	23,90	0,66	2,70	0,585	0,0107	55,61	59,23	51,47	67,00	37,00	7,76	30,00	7,1556	0,13117	
NOVIEMBRE 2014	21,07	21,31	20,83	24,40	18,10	0,48	6,30	1,385	0,0254	54,00	56,99	51,09	72,10	35,90	5,90	36,20	8,7461	0,16032	
DICIEMBRE 2014	17,20	17,38	17,06	20,20	14,90	0,32	5,30	1,201	0,0220	50,11	52,89	47,45	68,30	33,60	5,44	34,70	7,5995	0,13930	
ENERO 2015	14,94	15,21	14,73	17,20	14,00	0,48	3,20	0,462	0,0085	50,57	53,22	47,85	64,50	38,80	5,37	25,70	5,6479	0,10353	
FEBRERO 2015	15,64	16,19	14,95	17,08	14,10	1,24	2,98	0,768	0,0141	53,08	56,73	49,47	58,60	44,70	7,25	13,90	3,7894	0,06946	
MARZO 2015	17,64	18,08	17,20	20,41	16,06	0,88	4,35	0,640	0,0117	57,74	60,46	54,78	70,14	42,36	5,68	27,77	6,0945	0,11172	
ABRIL 2015	19,92	20,41	19,47	22,32	18,45	0,94	3,87	0,778	0,0143	56,86	59,18	54,43	63,08	45,77	4,75	17,31	3,3815	0,06199	
MAYO 2015	23,55	24,02	23,04	25,88	21,19	0,98	4,70	0,915	0,0168	52,61	55,66	49,19	63,71	37,64	6,48	26,07	4,9556	0,09084	
JUNIO 2015	25,75	26,23	25,15	29,23	23,66	1,08	5,58	0,828	0,0152	59,89	62,60	57,00	69,98	46,58	5,60	23,41	5,2396	0,09605	
JULIO 2015	28,99	29,52	28,33	30,94	26,73	1,19	4,21	0,796	0,0146	67,10	69,11	64,30	72,65	55,36	4,81	17,29	2,6417	0,04842	
AGOSTO 2015	29,37	29,82	28,76	30,93	27,61	1,06	3,33	0,430	0,0079	63,28	66,09	60,51	72,22	43,39	5,58	28,83	5,9477	0,10903	
SEPTIEMBRE 2015	26,75	27,49	25,90	30,09	24,15	1,59	5,94	1,223	0,0224	59,09	62,37	55,33	68,94	42,84	7,04	26,10	5,4883	0,10061	
PROMEDIO ANUAL OCT-14 SEP-15	22,15	22,58	21,68	24,61	20,24	0,91	4,37	0,83	0,0153	56,66	59,54	53,57	67,60	41,99	5,97	25,61	5,56	0,10187	
PROMEDIO JUN-14 SEP-15	23,28	23,71	22,83	25,49	21,46	0,88	4,03	0,79	0,0171	57,68	60,60	54,51	68,20	42,18	6,09	26,01	5,47	0,12589	
Oct-Nov-Dic 2014	21,08	21,34	20,85	23,73	18,97	0,49	4,77	1,06	0,0194	53,24	56,37	50,01	69,13	35,50	6,37	33,63	7,83	0,14360	
Ene-Feb-Mar 2015	16,07	16,49	15,63	18,23	14,72	0,86	3,51	0,62	0,0114	53,80	56,80	50,70	64,41	41,95	6,10	22,46	5,18	0,09490	
Abr-May-Jun 2015	23,08	23,56	22,56	25,81	21,10	1,00	4,71	0,84	0,0154	56,45	59,15	53,54	65,59	43,33	5,61	22,26	4,53	0,08296	
Jul-Ago-Sep 2015	28,37	28,94	27,66	30,66	26,16	1,28	4,49	0,82	0,0150	63,16	65,86	60,05	71,27	47,19	5,81	24,07	4,69	0,08602	

Tabla 5.3. Estadística anual de temperatura y humedad relativa en ambiente nave central.

Para el análisis de las condiciones climáticas habituales, sin tener en cuenta posibles perturbaciones anómalas que sí afectan a los valores medios, se emplean los histogramas de distribución de datos por frecuencias, en nuestro caso de la temperatura y la humedad relativa, con la superposición de las líneas de frecuencias acumuladas. Los histogramas de frecuencia permiten valorar la importancia de sucesos extremos y calcular la cantidad de valores fuera de los rangos que se consideren óptimos para la conservación. Figura 5.60.

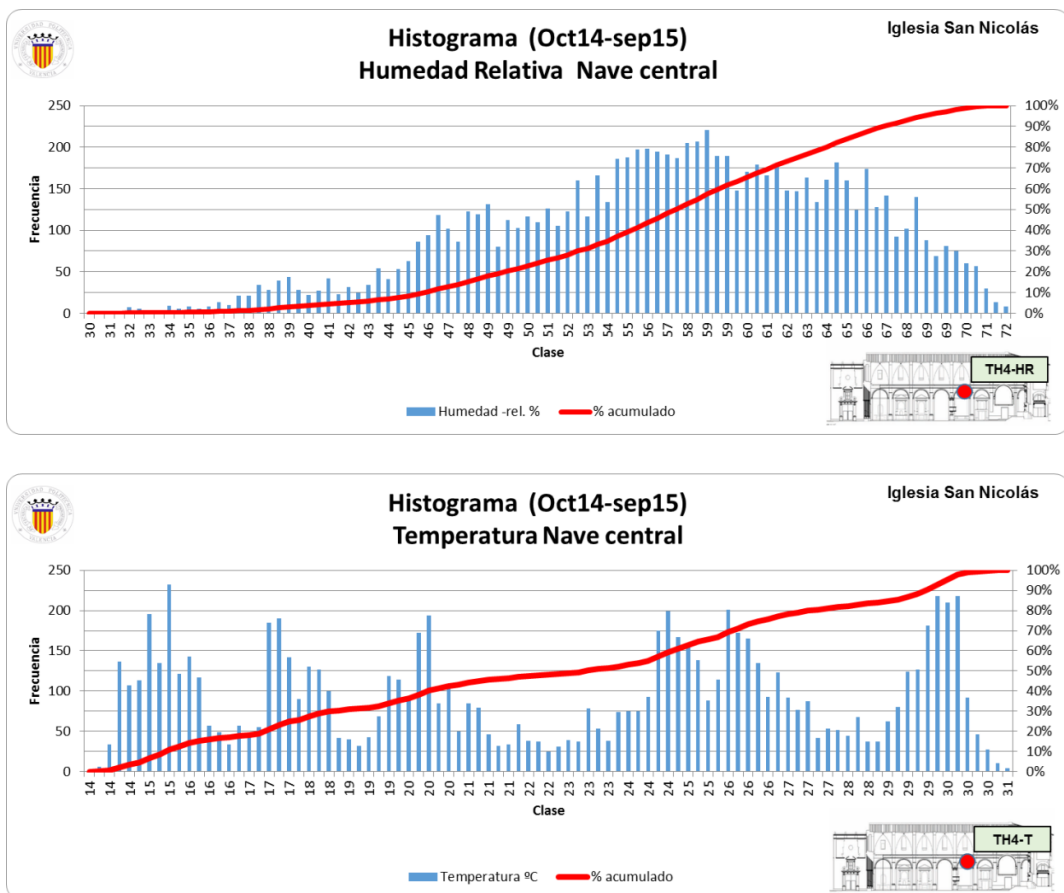


Figura 5.60. Histogramas de frecuencias de temperatura y humedad relativa en el ambiente nave central. Oct14-sep15.

Se puede observar en los histogramas de frecuencia de la humedad relativa, que los niveles se concentran mayoritariamente en el rango 50-65 %, siendo la temperatura mucho más dispersa, dependiendo en gran medida de la estacionalidad. En las evaluaciones de riesgos se cuantificará porcentualmente las zonas no seguras para la conservación de los Bienes Culturales.

5.4.4.2.- Caracterización estacional.

En la tabla 5.3 del punto anterior, también se encuentran los datos estadísticos correspondientes a las diferentes estaciones del año. En el clima templado como el nuestro, las estaciones más extremas (verano e invierno), se caracterizan por presentar los datos más representativos al tener menos dispersión. Todo lo contrario sucede con estaciones intermedias (primavera y otoño), donde la variabilidad es muy acentuada. En los parámetros de temperatura, las desviaciones típicas de las estaciones intermedias son un poco más elevadas. En las gráficas de la figura 5.61 y 5.62 se representan los días típicos de las cuatro estaciones del año, confeccionadas con las medias horarias de temperatura y humedad relativa.

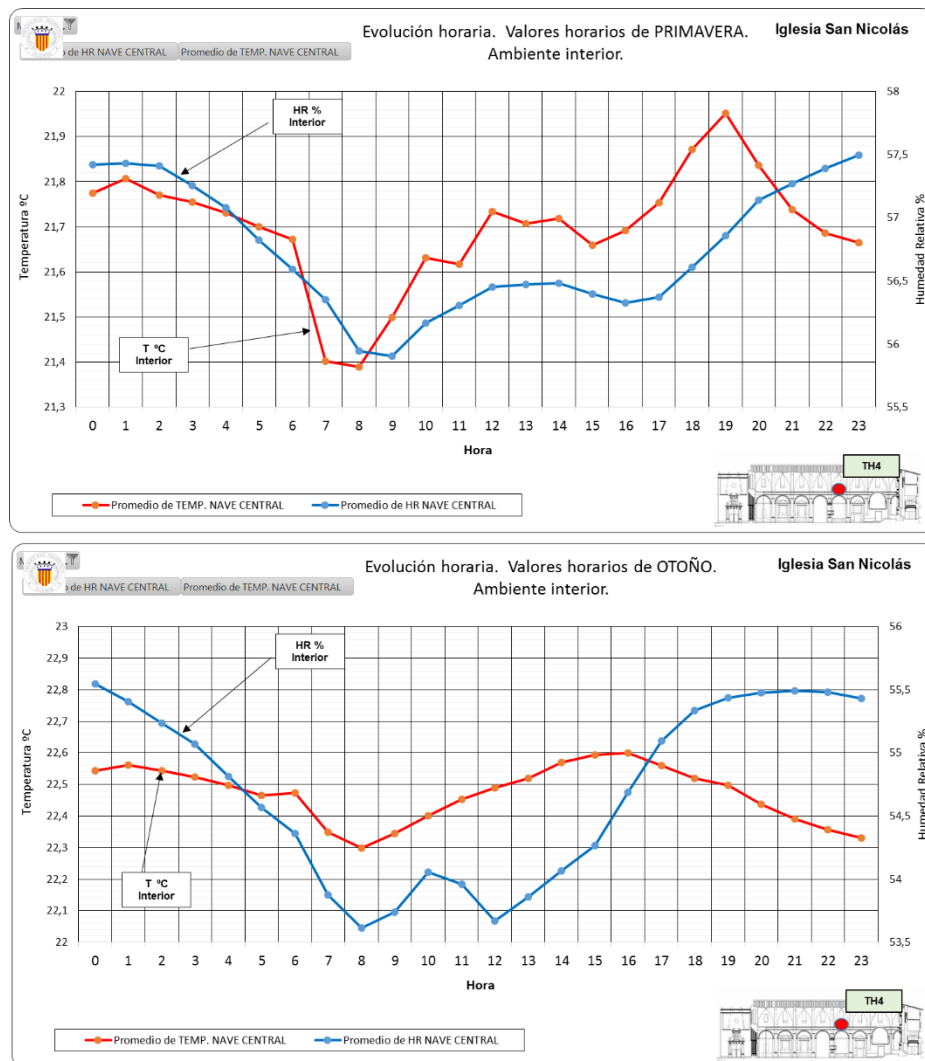


Figura 5.61. Evolución horaria de valores medios de primavera y otoño. Año 2015. Día típico

Como comprobaremos en el punto siguiente, la evolución de la temperatura y la humedad relativa interior está muy influida por los usos de la iglesia, con fluctuaciones e incrementos de estos parámetros coincidentes con apertura de puertas, ventanas y afluencia de visitantes. Por ejemplo en la gráfica correspondiente al día típico de invierno, se han representados dos zonas sombreadas A y B, señalando los horarios de apertura de la iglesia por la mañana y por la tarde. Figura 5.62.

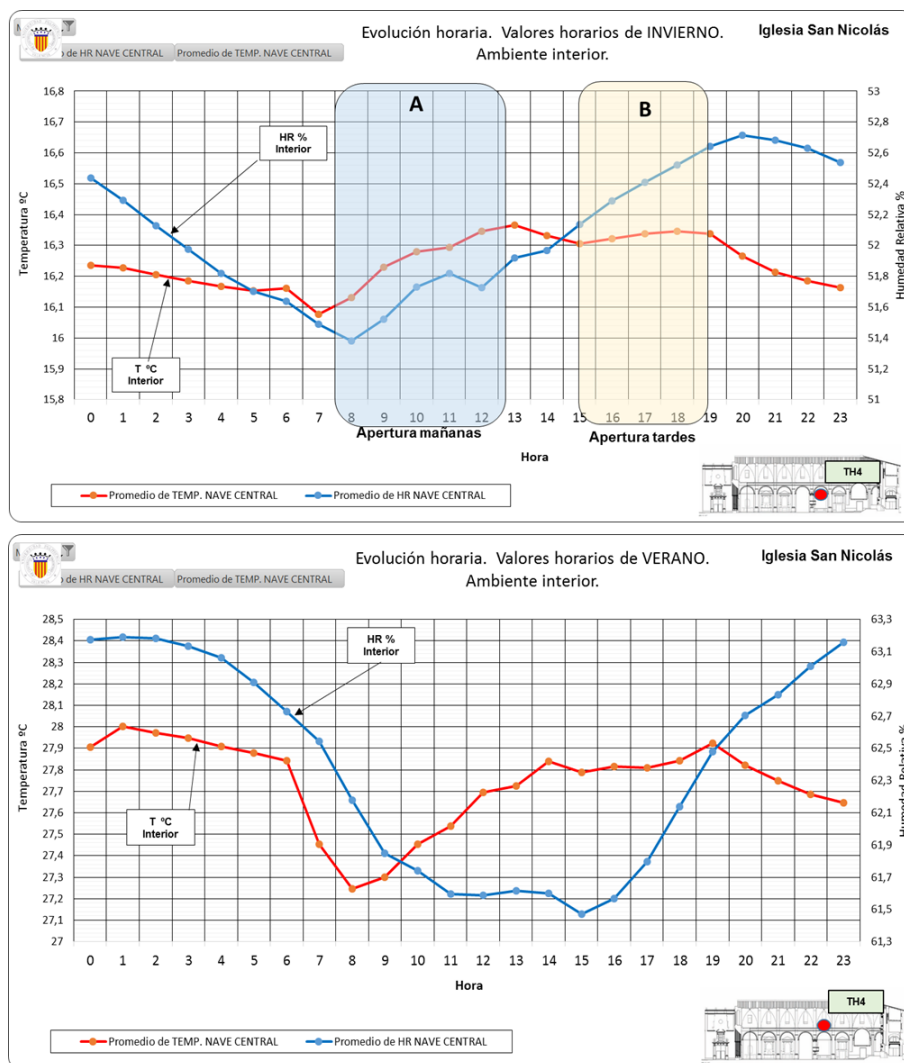


Figura 5.62. Evolución horaria de valores medios de invierno y verano. Año 2015. Día típico.

5.4.4.3.- Caracterización de las fluctuaciones breves.

En los anexos se recopilan todas las tablas resumen de datos puros con tratamiento estadístico básico, correspondiente a la totalidad de los sensores. Para el análisis en profundidad y luego de analizar las correspondencias de valores y tendencias de los diferentes sensores, tomaremos como referencia para las evaluaciones, los sensores de la tabla 5.4, correspondientes al ambiente exterior, superficie del fresco y los ambientes interiores. En las tablas 5.5 y 5.6 de las páginas siguientes se muestran los valores de oscilaciones máximas correspondientes a la temperatura y la humedad relativa, en periodos mensuales, diarios y horarios. Los datos de temperatura superficial del fresco, no tienen valores de oscilación de HR. Para el ambiente exterior e interior se muestran los datos del periodo Junio 2014 a Septiembre 2015. El resto de sensores estuvo disponible a partir de Febrero de 2015.

Empleando la definición de ASHRAE (2003), se denominan fluctuaciones breves a aquellas variaciones de temperatura y humedad relativa más rápidas que las que se producen estacionalmente. Estas fluctuaciones breves suponen un alto riesgo para los elementos ornamentales y están estrechamente relacionadas con los usos de los espacios, principalmente por la asistencia de visitantes. Las máximas oscilaciones ocurren en primavera y otoño, ya que en estos periodos los parámetros termohigrométricos se comportan de manera más irregular.

SENSORES IGLESIA SAN NICOLÁS. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.				
CANAL	SENSOR	TIPO	SITUACIÓN	AMBIENTE EXT/INT
CH04	T5	Tª SUP.	SUP. FRESCO -OCULO	INT
CH05	T6	Tª SUP.	SUP. FRESCO ATRIO	INT
CH10-11	TH1	H. RELATIVA Y Tª	EXTERIOR OESTE	EXT
CH14-15	TH3	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE PILASTRA -OCULO	INT
CH16-17	TH4	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE CORNISA ATRIO	INT

Tabla 5.4. Listado de sensores empleados en análisis estadístico para fluctuaciones breves.

OSCILACIÓN TEMPERATURA																		
OSC. MENSUAL						OSCILACIÓN DIARIA						OSC. HORARIA						
TH3-T ⁶ ÓCULO	TH4-T ⁵ CENTRO	T5 MURAL ÓCULO	T6 MURAL CENTRAL	EXT.	MAX. ÓCULO	MED. ÓCULO	MAX. CENTRO	MED. CENTRO	T5 MURAL ÓCULO	MAX. MURAL ÓCULO	T5 MED. MURAL ÓCULO	T6 MURAL CENTRAL	MAX. MURAL CENTRAL	T5 MURAL ÓCULO	MAX. MURAL ÓCULO	T6 MURAL CENTRAL	MAX. MURAL CENTRAL	
JUNIO 2014	1,66			15,60	1,36	0,99								0,40				5,40
JULIO 2014	2,80			17,70	2,40	1,97								0,70				4,30
AGOSTO 2014	3,20			19,50	2,10	1,62								0,80				6,10
SEPTIEMBRE 2014	4,40			18,90	3,90	2,97								0,70				4,70
OCTUBRE 2014	2,70	2,70	2,70	21,50	2,30	1,76	2,30	1,76	3,79	3,62	3,62	9,12	16,20	0,70	0,73	1,71	2,32	5,90
NOVIEMBRE 2014	6,30	6,30	6,30	17,50	4,50	4,07	4,50	4,07	4,86	4,39	4,39	4,10	17,30	0,62	0,94	0,62	1,31	5,70
DICIEMBRE 2014	5,30	5,30	5,30	19,90	5,10	4,92	5,10	4,92	4,55	3,94	3,94	5,01	11,30	0,53	0,88	0,71	1,11	6,40
ENERO 2015	3,20	3,20	3,20	20,90	2,90	1,61	2,90	1,61	7,00	5,12	5,12	6,06	21,80	0,54	1,00	2,09	1,24	5,30
FEBRERO 2015	2,66	2,98	4,46	22,30	2,34	1,72	1,87	1,74	4,10	3,78	3,65	3,59	7,40	0,38	1,35	0,62	0,83	5,70
MARZO 2015	3,49	4,35	5,51	25,00	2,95	2,76	3,73	2,82	4,86	4,39	4,61	4,10	17,30	0,62	0,94	0,62	1,31	5,70
ABRIL 2015	3,31	3,87	5,59	17,20	2,85	2,65	3,11	2,55	4,55	3,94	5,01	4,19	11,30	0,53	0,88	0,71	1,11	6,40
MAYO 2015	3,94	4,70	8,48	28,50	3,74	3,21	4,23	3,51	7,00	5,12	6,06	4,52	21,80	0,54	1,00	2,09	1,24	5,30
JUNIO 2015	4,39	5,58	4,56	15,50	3,23	3,09	4,48	2,98	4,10	3,78	3,65	3,59	7,40	0,38	1,35	0,62	0,83	5,70
JULIO 2015	3,08	4,21	3,78	11,70	2,51	2,37	3,02	2,54	3,05	2,94	3,18	2,99	5,70	0,40	1,26	0,50	1,00	5,70
AGOSTO 2015	2,26	3,33	2,79	18,33	1,60	1,35	1,72	1,38	2,42	2,00	2,93	2,28	11,14	0,30	1,43	0,41	0,59	6,69
SEPTIEMBRE 2015	4,33	5,94	5,91	19,87	3,90	3,81	4,43	4,56	5,42	5,42	4,79	4,90	13,57	0,48	1,32	0,84	0,71	5,40
PROMEDIO ANUAL OCT-14 - SEP-15	3,43	4,37	5,07	19,90	2,89	2,62	3,45	2,87	4,40	3,90	4,94	4,46	12,80	0,49	1,07	0,94	1,14	5,35
PROMEDIO JUN-14 - SEP-15	3,43	4,03	5,07	19,41	2,89	2,62	3,20	2,62	4,40	3,90	4,94	4,46	12,58	0,49	0,96	0,94	1,14	5,29
Oct-Nov-Dic 2014	4,77	3,97	3,58	19,63	2,64	2,24	3,97	3,58	4,33	4,00	6,96	6,61	11,47	0,80	1,05	1,17	1,82	4,53
Ene-Feb-Mar 2015	3,08	3,51	4,98	22,73	3,28	2,99	3,94	3,01	5,22	4,28	4,91	4,10	13,50	0,66	1,08	1,14	1,06	5,13
Abr-May-Jun 2015	3,88	4,71	6,52	20,40	2,67	2,51	3,06	2,83	3,63	3,45	3,64	3,39	10,14	0,48	1,08	1,14	1,06	5,80
Jul-Ago-Sep 2015	3,22	4,49	4,16	16,83	2,67	2,51	3,06	2,83	3,63	3,45	3,64	3,39	10,14	0,39	1,34	0,58	0,77	5,93

Tabla 5.5. Oscilaciones mensuales, diarias y horarias de los parámetros de temperatura medidos por los sensores TH1, TH3, TH4, T5 y T6. Iglesia de San Nicolás.

OSCILACIÓN HUMEDAD RELATIVA												
OSC. MENSUAL			OSCILACIÓN DIARIA						OSC. HORARIA			
TH3-HR	TH4-HR		MAX. ÓCULO	MED. ÓCULO	MAX. CENTRO	MED. CENTRO	MAX. EXT.	MED. EXT.	MAX. ÓCULO	MAX. CENTRO	MAX. EXT.	
JUNIO 2014	14,25	52,00			11,96	11,17	19,00	27,88		2,33	19,00	
JULIO 2014	28,20	60,00			16,40	18,54	34,00	44,17		7,10	32,00	
AGOSTO 2014	30,60	63,00			16,90	16,08	13,00	20,00		9,00	21,00	
SEPTIEMBRE 2014	35,90	60,00			11,60	18,73	14,00	28,50		10,80	24,00	
OCTUBRE 2014	30,00	62,00			20,50	22,43	26,00	34,58		9,90	31,00	
NOVIEMBRE 2014	36,20	55,00			32,70	28,31	34,00	39,38		6,90	28,00	
DICIEMBRE 2014	34,70	61,00			30,40	27,00	42,00	39,92		3,40	25,00	
ENERO 2015	25,70	62,00			21,90	17,96	39,00	40,08		4,30	28,00	
FEBRERO 2015	18,97	13,90	57,00	12,64	14,34	6,37	8,85	42,00	42,58	4,62	3,31	19,00
MARZO 2015	26,87	27,77	67,00	23,67	22,87	22,17	23,56	35,00	50,46	4,70	5,04	21,00
ABRIL 2015	15,54	17,31	55,00	8,24	10,05	9,88	12,25	33,00	30,88	2,40	2,67	32,00
MAYO 2015	25,98	26,07	67,00	17,80	18,60	16,94	17,38	36,00	34,13	4,59	3,89	29,00
JUNIO 2015	25,08	23,41	58,00	14,42	15,36	17,47	17,75	24,00	29,58	5,27	3,41	23,00
JULIO 2015	18,17	17,29	46,00	7,38	9,10	7,64	8,67	12,00	19,83	5,17	4,10	18,00
AGOSTO 2015	27,65	28,83	57,57	18,79	20,96	20,45	22,25	23,55	28,74	7,48	8,41	21,39
SEPTIEMBRE 2015	26,51	26,10	64,69	16,48	18,51	16,20	18,26	47,41	37,18	6,99	6,45	16,69
PROMEDIO ANUAL OCT-14 SEP-15	23,10	25,61	59,35	14,93	16,22	18,55	18,72	32,83	35,61	5,15	5,15	24,34
PROMEDIO JUN-14 SEP-15	23,10	26,01	59,20	14,93	16,22	17,47	18,07	29,62	34,24	5,15	5,69	24,25
Oct-Nov-Dic 2014		33,63	59,33			27,87	25,91	34,00	37,96		6,73	28,00
Ene-Feb-Mar 2015	22,92	22,46	62,00	18,15	18,61	16,81	16,79	38,67	44,38	4,66	4,22	22,67
Abr-May-Jun 2015	22,20	22,26	60,00	13,48	14,67	14,76	15,79	31,00	31,53	4,09	3,33	28,00
Jul-Ago-Sep 2015	24,11	24,07	56,09	14,22	16,19	14,76	16,40	27,65	28,58	6,55	6,32	18,69

Tabla 5.6. Oscilaciones mensuales, diarias y horarias de los parámetros de humedad relativa medidos por los sensores TH1, TH3 y TH4. Iglesia de San Nicolás.

Efectos de los usos de la Iglesia.

Las fluctuaciones ocasionadas por los usos de la Iglesia, deben estudiarse en base a los datos puros, ya que los promedios y tendencias no revelan la evidencia de estos cambios en cortos periodos de tiempo. Estos fenómenos quedan fuera de la influencia del clima exterior, que solo afecta al nivel medio termohigrométrico de la estación (mes) en el que nos encontremos. Estos cambios se revelan habitualmente como picos positivos bruscos de temperatura y de humedad

específica, aportados por los propios visitantes y por apertura de puertas y ventanas.

Los efectos añadidos que acompañan estos usos son: el aumento de la concentración de contaminantes, luces encendidas, introducción de polvo, etc., los cuales provocan una todavía más profunda modificación microclimática. En la figura 5.63 se muestra el horario habitual de la Iglesia de San Nicolás y la figura 5.64 el horario especial durante los trabajos de restauración del templo. En ambos casos el lunes siguen siendo el día de mayor afluencia y el único, junto con sábados tarde y domingos, que la Iglesia permanece abierta al público.

Vamos a analizar en profundidad los efectos sobre el interior de la Iglesia de San Nicolás cualquier lunes del año. Todos los lunes la calle Caballeros se convierte en un hervidero de gente de siete y media de la mañana a nueve de la noche, un bullicio que llega desde cualquier punto de la provincia y que converge en la parroquia de San Nicolás. Es la llamada Caminata de los tres lunes a San Nicolás. La visita a San Nicolás es para solicitar la intercesión del Santo, ya que es una figura con mucha devoción popular.



Figura 5.63. Horario habitual de la Iglesia de San Nicolás.



Figura 5.64. Horario especial de San Nicolás, debido a las obras de restauración.

En la figura 5.65 se representa la evolución de la humedad específica el lunes 11 y martes 12 de mayo de 2015, marcando en sombreado los periodos de apertura y de la Iglesia.

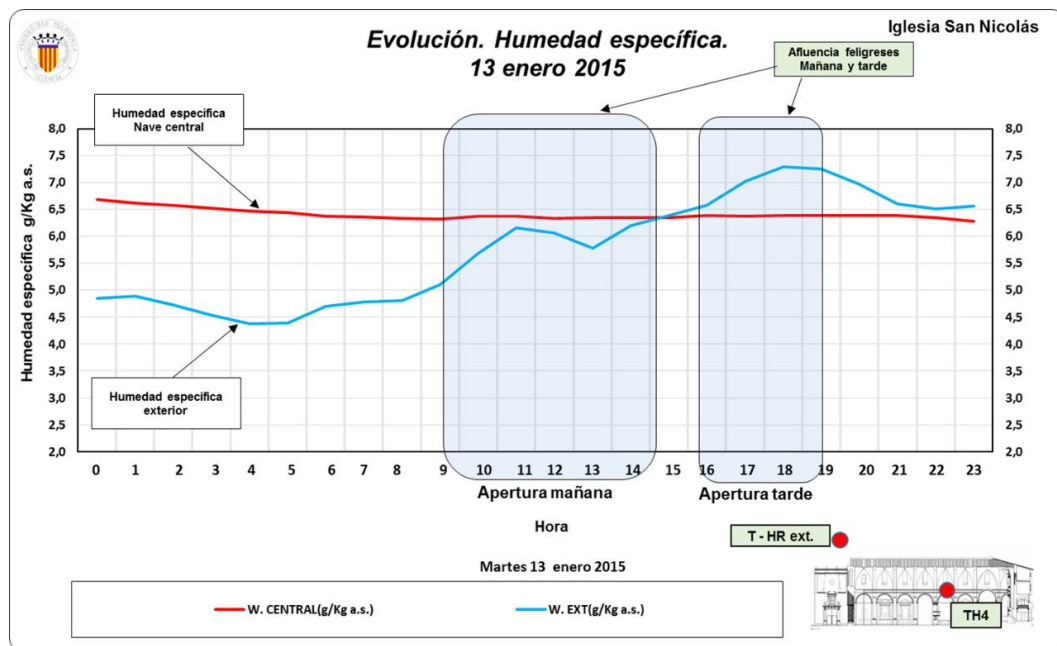
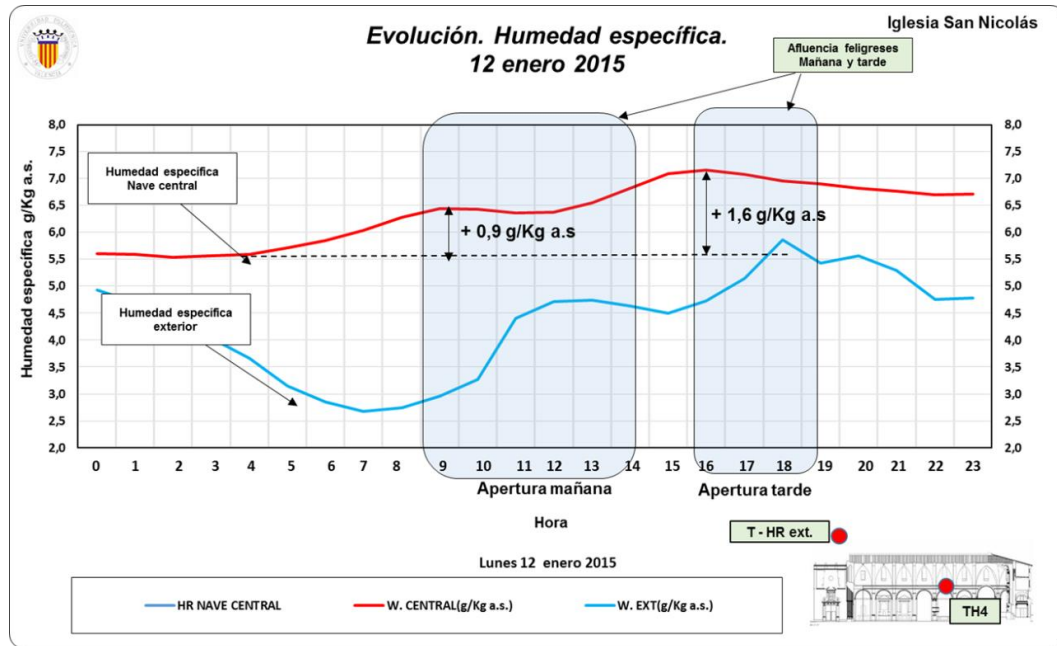


Figura 5.65. Evolución de humedad específica interior-exterior, lunes 12/01/15 y martes 13/01/15.

En la gráfica correspondiente al lunes 12 de enero, se observa un ligero aumento de la humedad específica del ambiente interior en los periodos de apertura de la Iglesia del orden de 0.9 g/Kg a.s. durante la mañana y de 1.6 g/Kg a.s. por la tarde, a pesar de que la humedad específica externa es baja y decreciente. Realizando la comparación con otro día de la semana (martes 12 mayo) podemos comprobar como no existe incremento de humedad específica, manteniéndose el nivel muy estable en cualquier horario.

En las gráficas de la figura 5.67, el aumento de la humedad específica del ambiente interior el lunes 13 de julio, es todavía mayor 2.7 g/Kg a.s. durante la mañana y de 4.5 g/Kg a.s. por la tarde. Observamos el mismo efecto en la gráfica del lunes 16 de marzo, con niveles más bajos de incremento. Esta afluencia masiva de feligreses también incide en el aumento de la concentración de contaminantes introducidos, luces encendidas, polvo, flujos de aire incontrolados, etc., provocando aún más la modificación microclimática. Figura 5.66.

Como comentamosn antreiormente, la cantidad de agua perdida por persona es del orden de 0.050 Kg/h (0.03 Kg/h transpirados y 0.02 Kg/h procedentes de la respiración), lo cual significa que 500 visitantes aportan unos 25 Kg/h de agua al ambiente. Esta aportación de agua provoca un aumento del riesgo de absorción del vapor por los microporos de la superficie pictórica con los efectos negativos ya comentados.



Figura 5.66. Afluencia de feligreses. Lunes de San Nicolás. Aproximadamente 450 pers/ h.

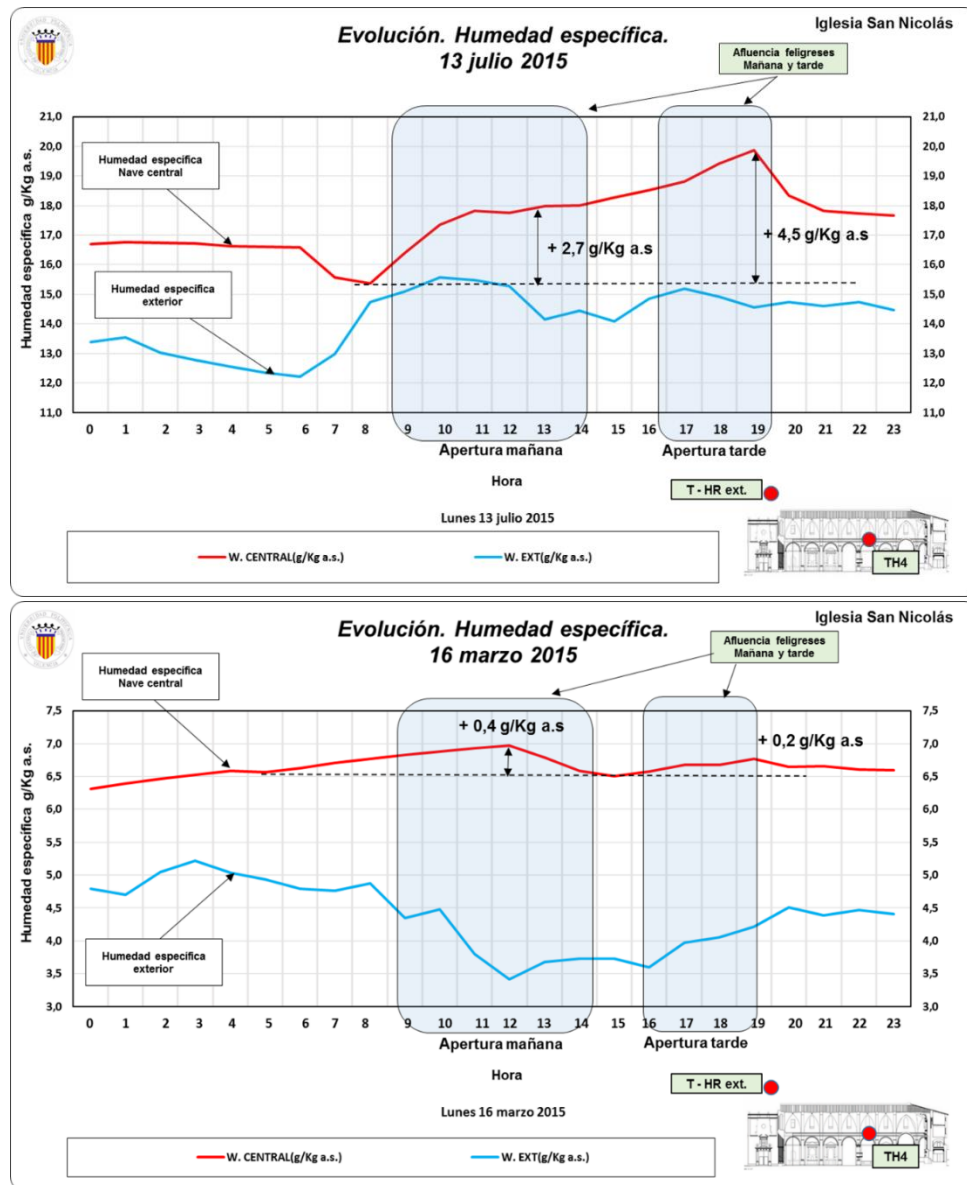


Figura 5.67. Evolución de humedad específica interior-exterior, lunes 13/07/15 y 16/03/15.

En la Iglesia de San Nicolás, el caso más extremo de afluencia masiva de feligreses, con una tasa de ocupación de 1.8 personas/m², y la totalidad de los bancos ocupados (250 personas aproximadamente), se contabilizarían un total de 450 personas en el interior de la nave central y teniendo en cuenta un volumen estimado de la nave central de 5.720 m³, el aumento por hora de la humedad específica puede llegar a alcanzar 3.25 g/Kg a.s. No toda ésta humedad queda residente en el ambiente, ya que gran parte se pierde por la tasa de renovación con aire exterior, debido a la apertura de puertas y eventualmente las vidrieras.

En la figura 5.68 se representa la evolución del ambiente el lunes 11 y jueves 14 de mayo de 2015, donde comprobamos los efectos antes mencionados, pero empleando como parámetro de variación significativa, la temperatura ambiente. Vemos como el lunes 11 la temperatura de la nave central (línea roja), varía levemente a la hora de apertura de la iglesia, mientras se mantiene estable el jueves 14, aún con valores muy elevados de temperatura exterior (ola de calor). Se representan también las temperaturas de las tejas de cubierta, trasdós y superficie de los frescos para comprobar la amortiguación progresiva al ir adentrándonos en las capas de cubierta.

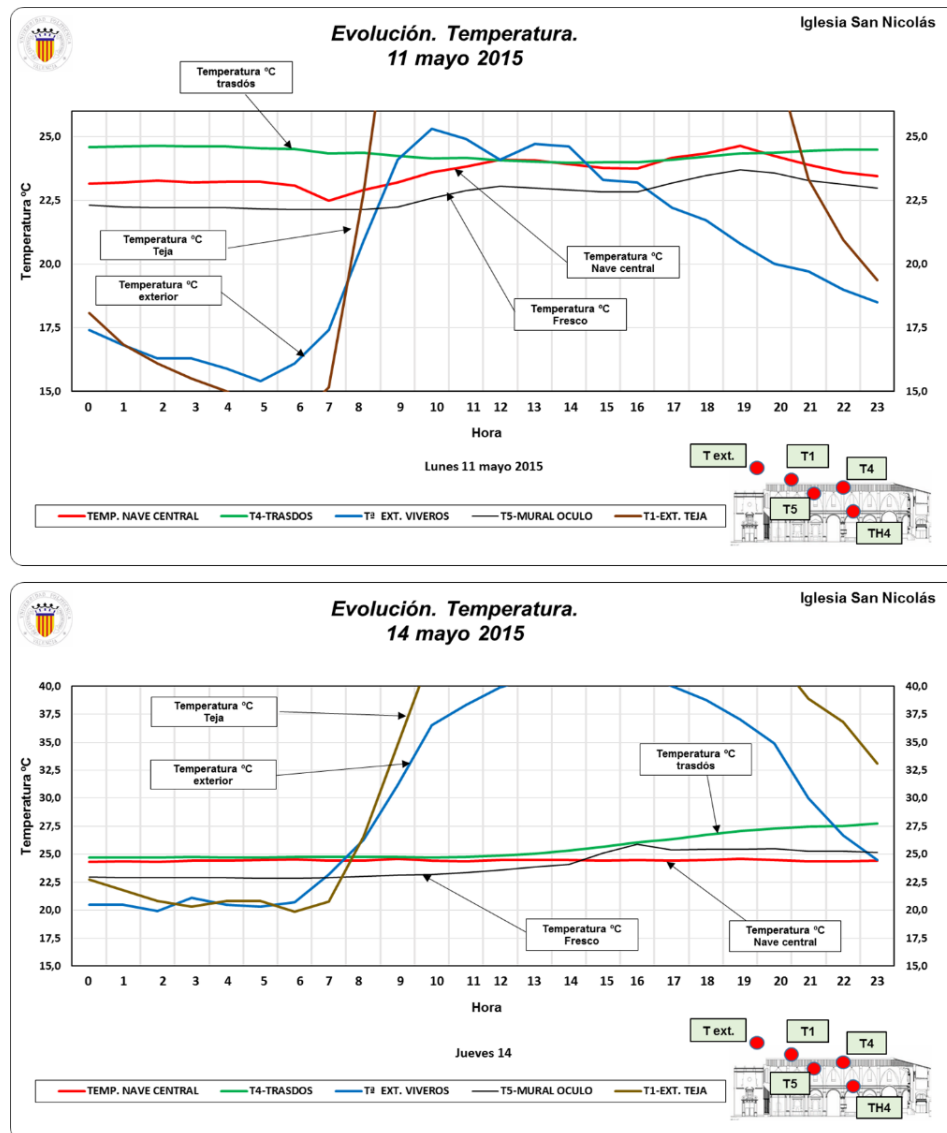


Figura 5.68. Evolución de temperatura interior-exterior, lunes 11/05/15 y 14/05/15.

El lunes 11 de mayo, cuando se produce el cierre de la Iglesia a las 19:30h de la tarde, la temperatura baja aproximándose a la temperatura de saturación, decreciendo el valor de distancia al punto de rocío (DPR). En estos momentos el riesgo de condensación sobre superficies es más elevado. Presentamos en las gráficas de la figura 5.69, la comparación de la evolución de la humedad específica entre el exterior, el trasdós de la bóveda y el ambiente interior, en meses del periodo primaveral (Abril-mayo 2015) y estival (julio-agosto 2015). Con niveles de entre 7 y 12 g/Kg a.s. de humedad específica interior y entre 4 y 10 g/Kg a.s. del exterior en primavera. En verano la cantidad de humedad en el ambiente es sensiblemente más elevada con niveles de entre 14 y 19 g/Kg a.s. de humedad específica interior y entre 9 y 20 g/Kg a.s. del exterior.

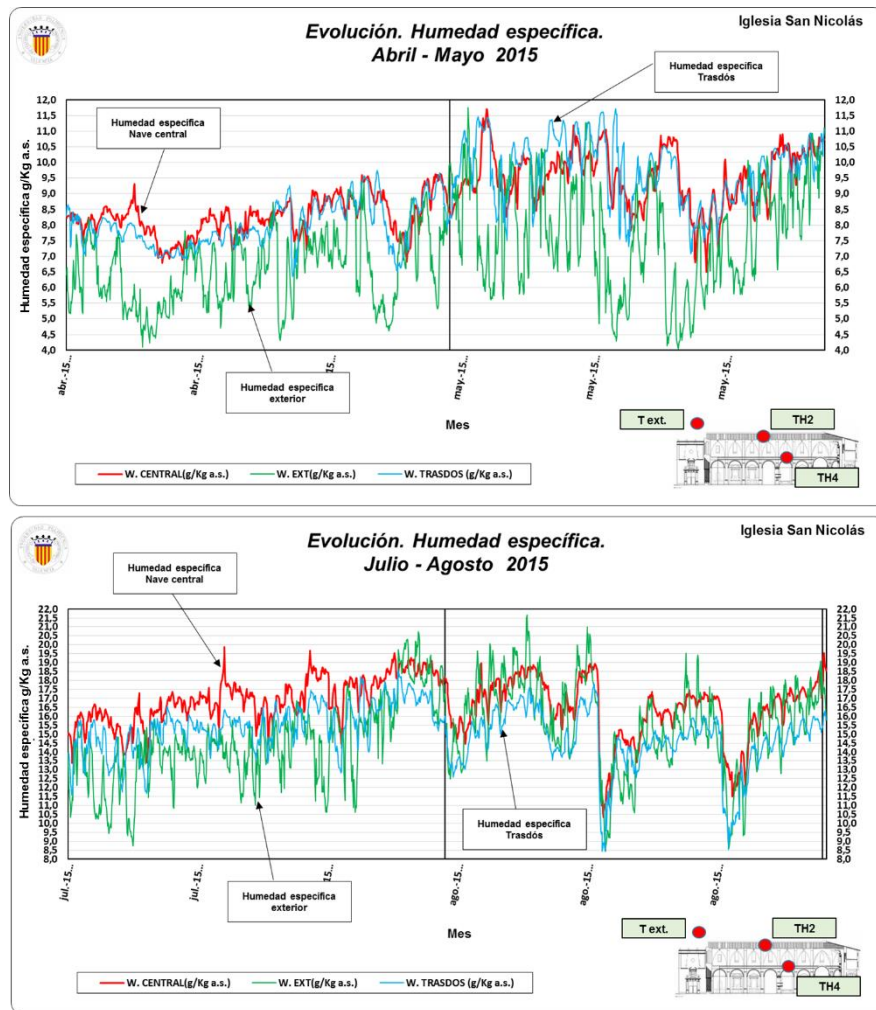


Figura 5.69. Comparación de la evolución de la humedad específica entre el exterior, el trasdós de la bóveda y el ambiente interior, en meses del periodo primaveral y estival.

5.4.4.4.- Caracterización clima externo y su relación con las fluctuaciones interiores.

Las condiciones ambientales del exterior de la Iglesia.

En el punto dedicado al clima de la Comunidad Valenciana y de la ciudad de Valencia del capítulo 1, se describieron las principales características generales del ambiente exterior. Mostraremos a continuación los datos obtenidos de la estación de Viveros comparándolos con los diferentes sensores del ambiente interior.

HR EXT. VIVEROS		Tª EXT. VIVEROS	
Media	56,26	Media	19,18
Error típico	0,15998	Error típico	0,07420
Mediana	57,00	Mediana	18,94
Moda	63,00	Moda	15,10
Desviación estándar	14,99	Desviación estándar	6,95
Varianza de la muestra	224,83	Varianza de la muestra	48,37
Curtosis	-0,83	Curtosis	-0,67
Coefficiente de asimetría	-0,17	Coefficiente de asimetría	0,10
Rango	84,71	Rango	39,70
Mínimo	14,00	Mínimo	1,80
Máximo	98,71	Máximo	41,50

Tabla 5.7. Estadística descriptiva de temperatura y humedad relativa ambiente exterior.

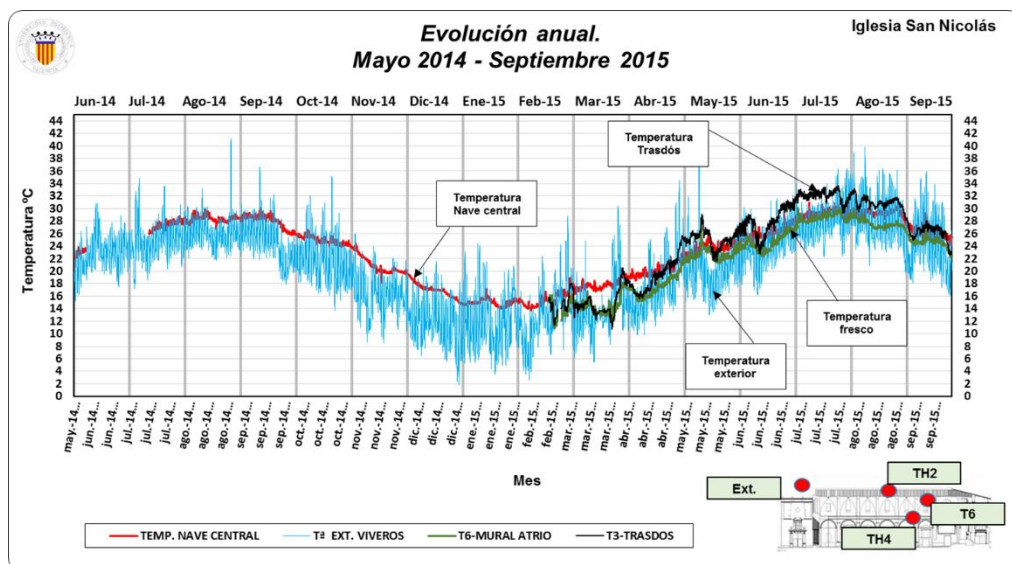


Figura 5.70. Comparación de la evolución de la temperatura entre el exterior, el trasdós de la bóveda, el ambiente interior y superficie de los frescos.

En la tabla 5.7 se muestra la estadística descriptiva de los parámetros ambientales exteriores del periodo anual octubre 2014-septiembre 2015, con una media de 56,26% de HR y 19,18 de Tª. En las gráficas de las figuras 5.70 y 5.71 se observa la evolución de la temperatura exterior en comparación con los sensores correspondientes al trasdós, superficie del fresco y ambiente interior, donde se aprecia claramente la capacidad amortiguadora de la cubierta y paramentos de la Iglesia.

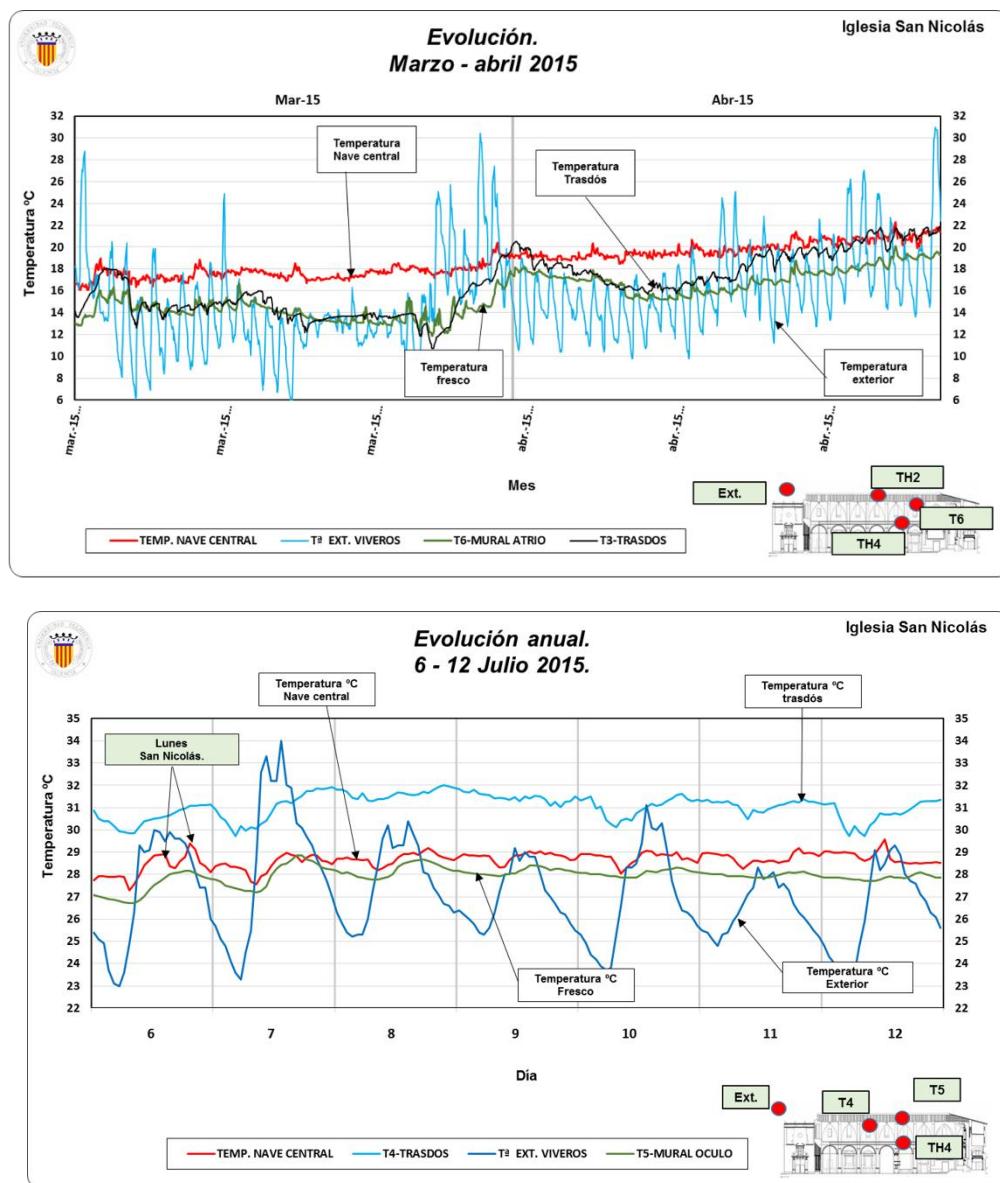


Figura 5.71. Comparación de la evolución de la temperatura entre el exterior, el trasdós de la bóveda, el ambiente interior y superficie de los frescos. Marzo-abril y 6-12 julio 2015.

En la gráfica de la figura 5.71 correspondiente al periodo 6-12 de julio, en plena ola de calor (tal y como comentaremos seguidamente), la temperatura exterior progresa de forma sinusoidal abrupta, alcanzando valores extremos que no tienen su correspondencia con las temperaturas alcanzadas en el interior. La temperatura superficial del fresco todavía es más suave en su modulación diaria. En esta evolución destacan los dos picos de temperatura interior del día 6 de julio (lunes), habituales, como ya se describió anteriormente.

Valores medios horarios típicos.

Al igual que en el punto dedicado a la caracterización estacional, podemos representar en gráficos los días típicos del año, confeccionados con las medias horarias de temperatura y humedad relativa. En la gráfica de la figura 5.72 vemos la evolución de los parámetros exteriores con las curvas típicas de la temperatura con máximos en las horas centrales del día y su correspondiente humedad relativa siguiendo la tendencia contraria.

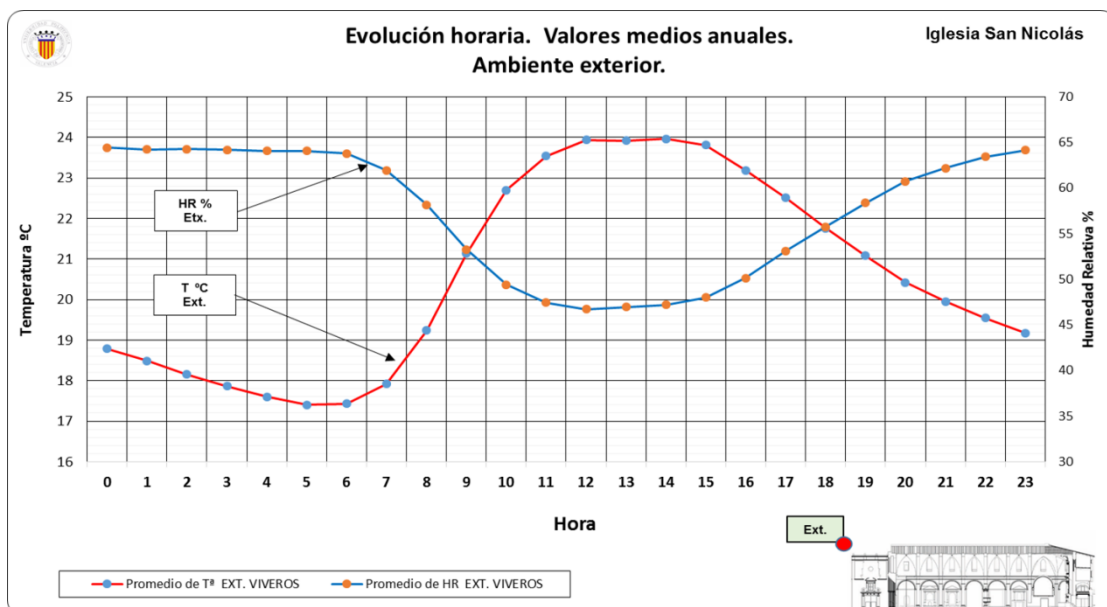


Figura 5.72. Evolución horaria de los valores medios anuales. T^a y HR exterior.

Empleando esta misma representación se elaboran las correspondientes gráficas del ambiente interior (figura 5.73) y de la temperatura superficial del fresco y de las pilastras (figura 5.74).

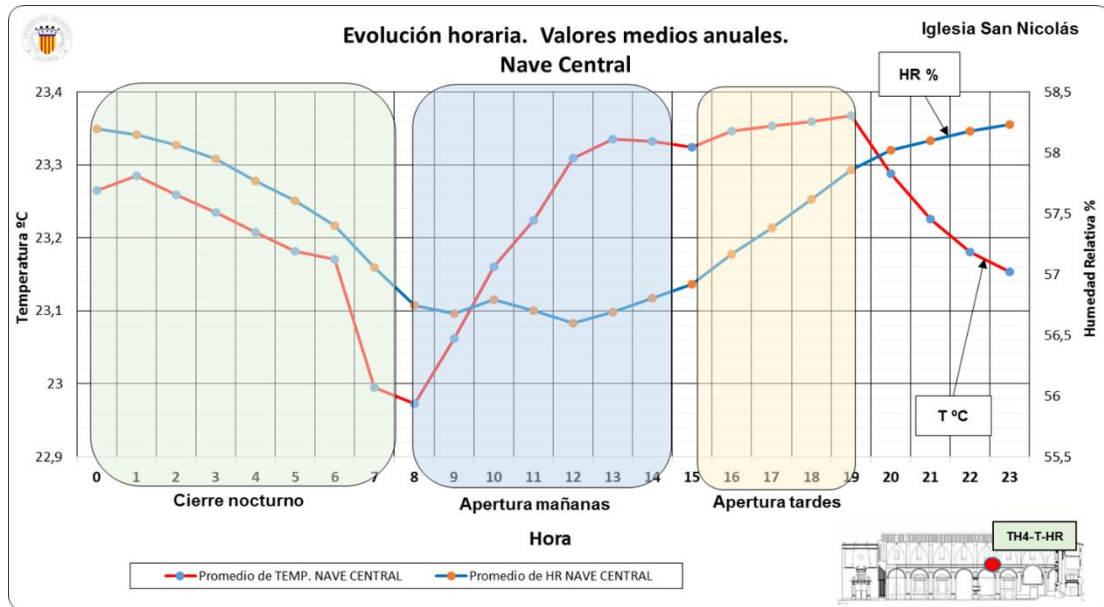


Figura 5.73. Evolución horaria de los valores medios anuales. T^a y HR interior. Sensor TH4.

En todas las gráficas destacan claramente los periodos de apertura y cierre de la Iglesia, sombreados, con los cambios de tendencia de la temperatura bien definidos. Existen diferencias poco significativas de décimas de grado entre los dos sensores de temperatura superficial del fresco, siempre 1 °C aproximadamente más baja que el aire del ambiente interior. En el punto dedicado a la evaluación de los riesgos por deposición de partículas, se analizará en profundidad el efecto de esta diferencia de temperatura y su evolución con datos puros a lo largo de los meses.

Entre los dos sensores de las pilastras y de la pared del óculo, descubrimos una ligera estratificación del aire en altura, con diferencias de temperatura menores de 0,4°C.

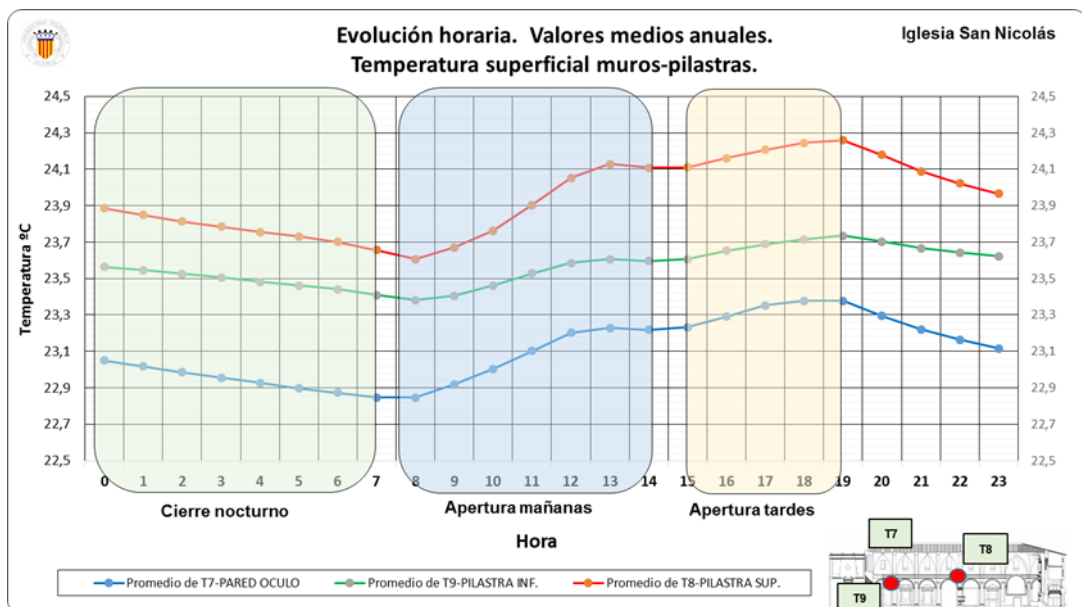
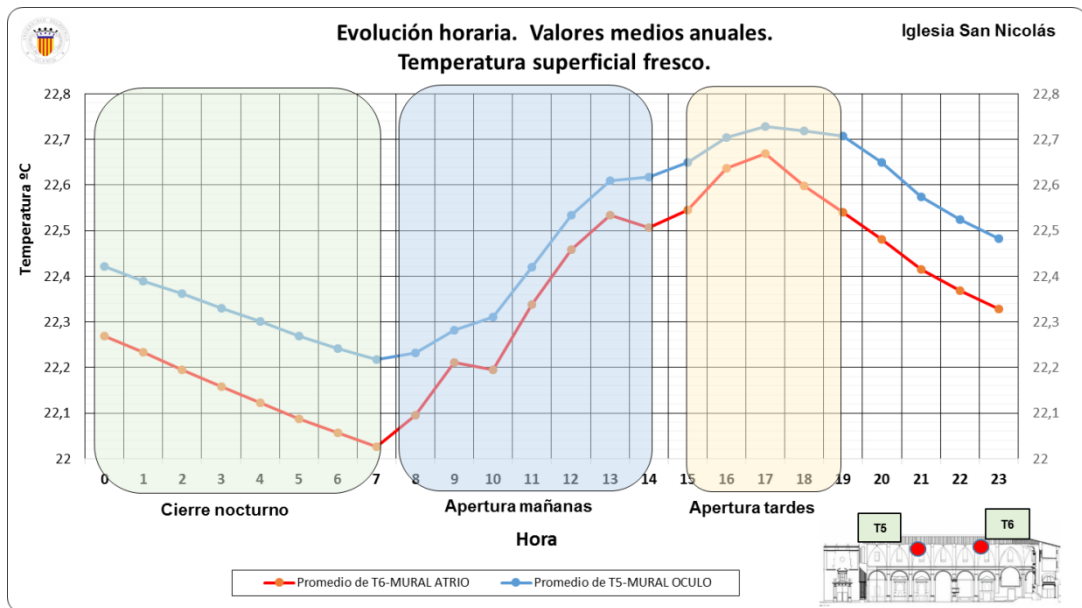
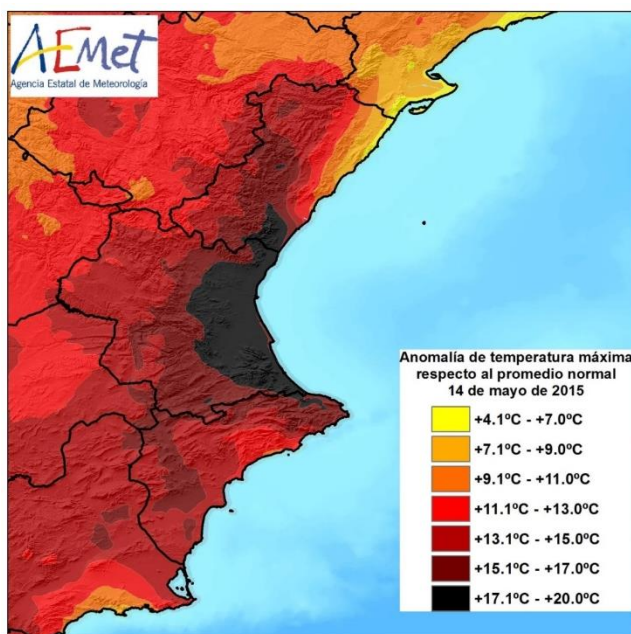


Figura 5.74. Evolución horaria de los valores medios anuales. T^a superficiales muros y pilastras. Sensor T7, T8, T9.

Olas de calor.

A lo largo del año 2015 se han producido varias olas de calor en España y en especial en su mitad sur, afectando a la Comunidad Valenciana. Tal y como indicamos en el capítulo 1, según el NOAA, el año 2015 ha pasado a la Historia como el más caluroso jamás registrado.

Por ejemplo en el mes de mayo, en el promedio del territorio, la temperatura máxima del día 14 fue 14.8°C superior a lo normal de ese día, con anomalías de entre +17°C y +20°C en el litoral y pre litoral de la provincia de Valencia. En la ciudad de Valencia, la temperatura máxima registrada (42.0°C) fue 18.7°C superior a la temperatura máxima normal un 14 de mayo (promedio ajustado del periodo 1981-2010), con lo que se puede considerar como el “pico de calor” más importante de toda la serie histórica de registros en la ciudad, entendiendo como “pico de calor” la desviación del dato de temperatura máxima de un día con respecto a lo normal en ese mismo día. (AEMET, 2015). Figura 5.75.



Observatorio	Máxima
Antella	45.0°C
Carcaixnet	44.4°C
Alberic	44.0°C
Villanueva de Castellón	43.0°C
Xàtiva	42.9°C
Aeropuerto de Manises	42.6°C
Sagunt	42.4°C
Valencia	42.0°C
Ontinyent	41.9°C
Pego	41.5°C
Polinyà	41.3°C
Bicorp	41.2°C
Crevillente	41.0°C
Oliva	41.0°C
Miramar	41.0°C
Turís	41.0°C
Llíria	41.0°C
Elx	40.9°C
Barx	40.6°C
Orihuela	40.5°C
Atzeneta del Maestrat	40.5°C
Chiva	40.4°C

Figura 5.75. Mapa térmico de la Comunidad Valenciana y distribución de máximas temperaturas. Ola de calor 14 mayo 2015. (Fuente AEMET)

Situándonos en el mes de julio de 2015, y analizando la evolución diaria, el día 7, con la entrada de vientos de poniente, fue el más cálido en el promedio del territorio desde agosto de 2012. En la figura 5.76 se representan las temperaturas estimadas (promedio normal 1981-2010) y reales de los meses mayo y julio de 2015.

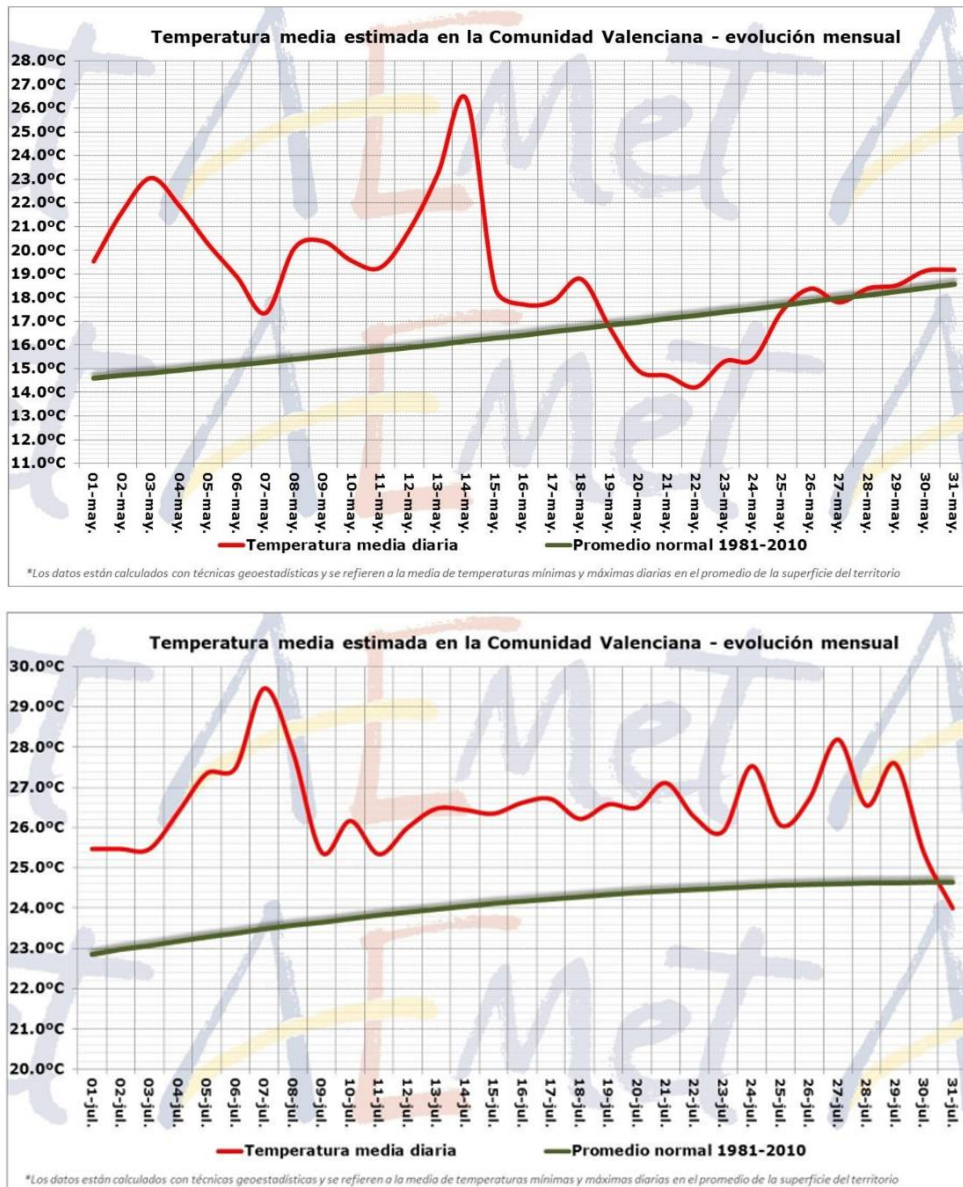


Figura 5.76. Temperatura media estimada y real. Comunidad Valenciana. Mayo y julio 2015. (Fuente AEMET)

Analizando esta situación anómala en la evolución ambiental de la Iglesia de San Nicolás, vemos como las elevadas temperaturas exteriores del 14 de mayo son totalmente amortiguadas. Figura 5.77. En la figura 5.78, se amplía la escala del eje de la gráfica, para obtener una visión completa de los niveles térmicos alcanzados, incluyendo la temperatura de las tejas de cubierta, el trasdós y el fresco.

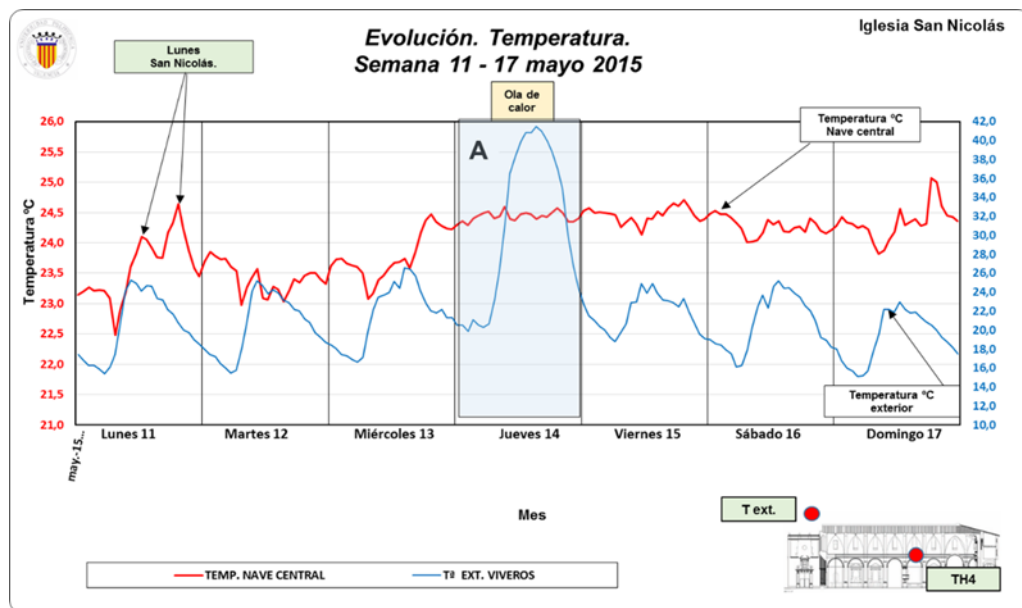


Figura 5.77. Evolución de la temperatura entre el exterior y el ambiente interior. Mayo 2015.

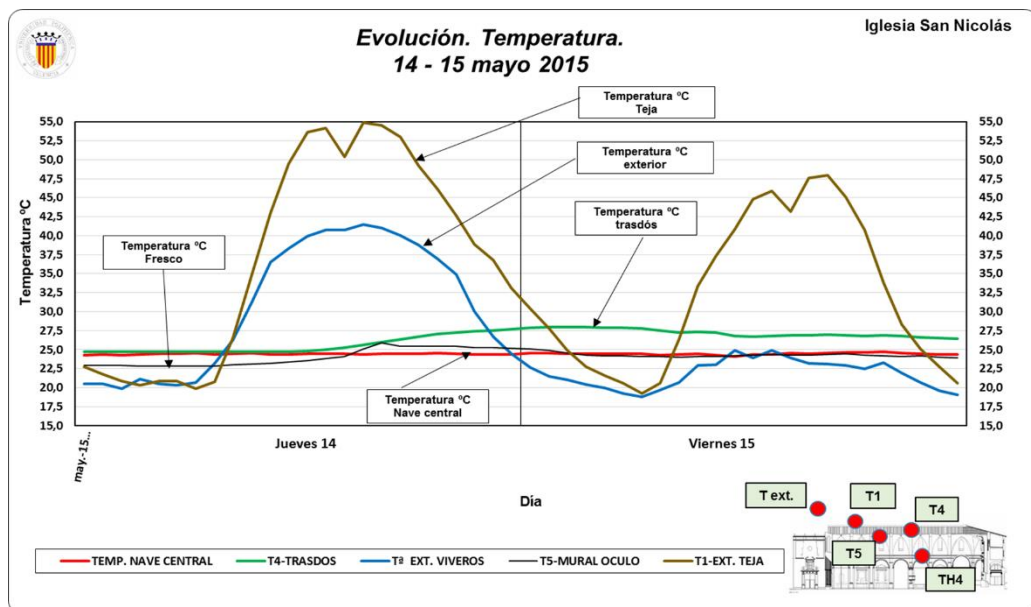


Figura 5.78. Evolución de la temperatura entre el exterior, el trasdós de la bóveda, el ambiente interior y superficie de los frescos. Mayo 2015.

Se comprueba además que hay un importante tiempo de retardo de la influencia exterior en el interior, al producirse el incremento de temperatura en el trasdós de la cubierta (línea verde), varias horas después del máximo alcanzado tanto en el ambiente exterior (42°C) como en la superficie de las tejas (55°C)

Idéntico tratamiento aplicamos al mes de julio de 2015 en la gráfica de la figura 5.79, observado las mismas tendencias de los parámetros relacionados.

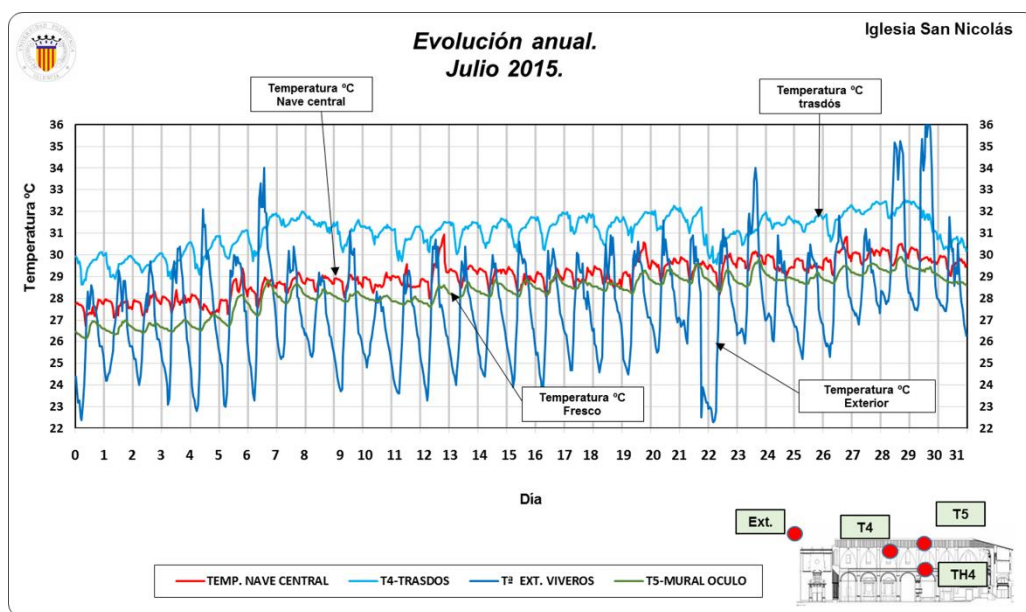


Figura 5.79. Evolución de temperaturas ambiente externo-interno. Mes de julio 2015.

5.5.- Análisis de riesgos ambientales.

En este punto aplicaremos las normativas y recomendaciones de otros autores para describir los principales riesgos a los que están sometidos los Bienes Culturales debido al ambiente degradado. Es posible establecer los principios generales que deben seguir los responsables de conservación y técnicos para una correcta conservación del Patrimonio Cultural. Tomaremos como base las definiciones y rangos indicados en el capítulo 2 para evaluar los diferentes tipos de riesgos.

5.5.1.- Biodeterioro.

Como indicamos en el capítulo 2, los principales agentes causantes del biodeterioro de las obras de arte son entre otros: bacterias y hongos. Las bacterias son microorganismos (0,5-5 μ m de tamaño), unicelulares y procariotas. Los hongos son organismos eucariotas, heterótrofos y están constituidos por filamentos llamados hifas que se unen formando micelios. Estos microorganismos afectan principalmente a materiales orgánicos. Su presencia y crecimiento provocan en los elementos ornamentales cambios de coloración, manchas, pérdida de resistencia de los materiales, corrosión de metales y pudrición de la madera.

El límite de humedad relativa generalmente citado para evitar el crecimiento de los hongos es el 65%. (Caneva, G. et al., 1994). Por debajo de este límite, los hongos no crecerán independientemente de la temperatura. Con niveles altos de HR por ejemplo del 85%, los hongos probablemente aparecerán en menos de una semana. Establecer lo que sucede en condiciones intermedias entre 60% y 70% y con diferentes temperaturas, es muy difícil de predecir si no es en base a experiencias en campo, analizando los parámetros ambientales de temperatura, humedad, contaminación, deposición de partículas, etc.

En particular para evaluar las condiciones favorables para el crecimiento biológico emplearemos análisis mediante gráficas de nube de puntos y de evolución mensual de los valores de temperatura y humedad relativa del ambiente interior de la Iglesia, en el periodo junio 2014 a septiembre 2015. En la gráfica de la figura 5.80 se observa la evolución de la temperatura y la humedad relativa en el ambiente interior a lo largo de 15 meses.

Ajustando el rango de humedad relativa para zona de riesgo, a valores por encima de 65% HR, comprobamos como los periodos estivales son las épocas donde los dos factores determinantes ($HR > 65\%$ y $T^a > 25^{\circ}\text{C}$) presentan sus zonas de riesgo “R”.

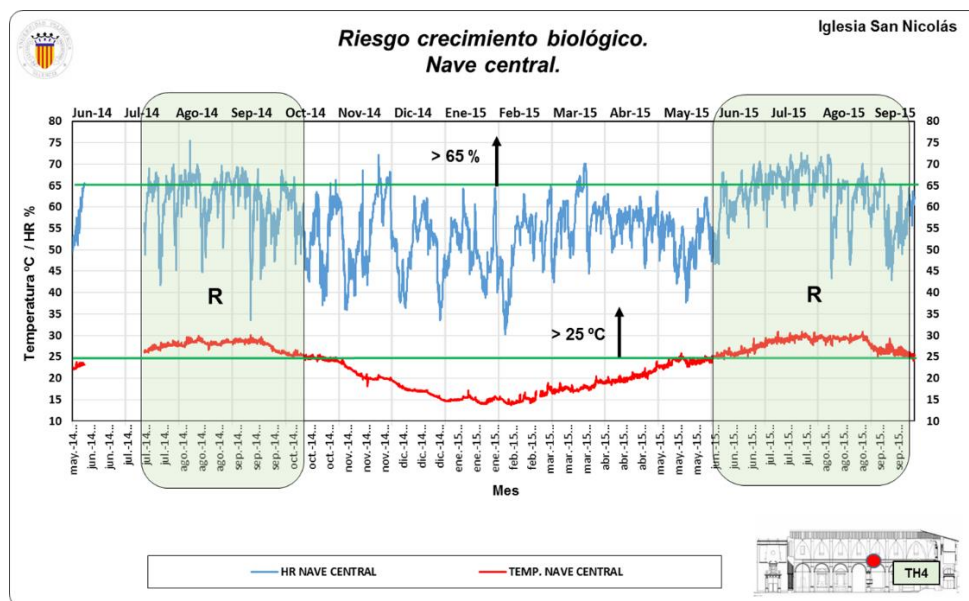


Figura 5.80. Evolución temperatura y HR ambientales. Zonas de riesgo de crecimiento biológico. Iglesia de San Nicolás.

Con la representación gráfica de nube de puntos de estos valores, figura 5.81, se obtienen los porcentajes temporales de niveles de riesgo. En este caso un 15.31% del tiempo nos encontramos en esta situación.

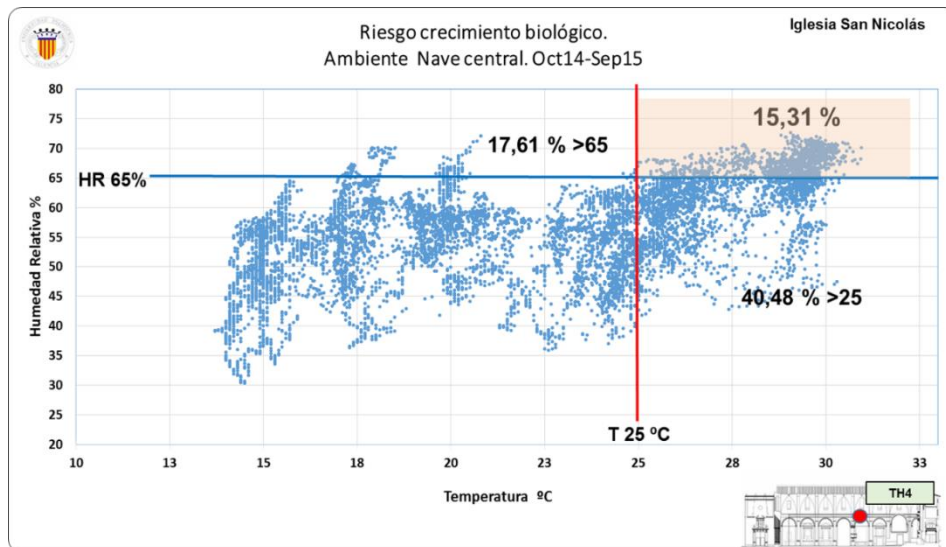


Figura 5.81. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. 65% HR – 25°C.

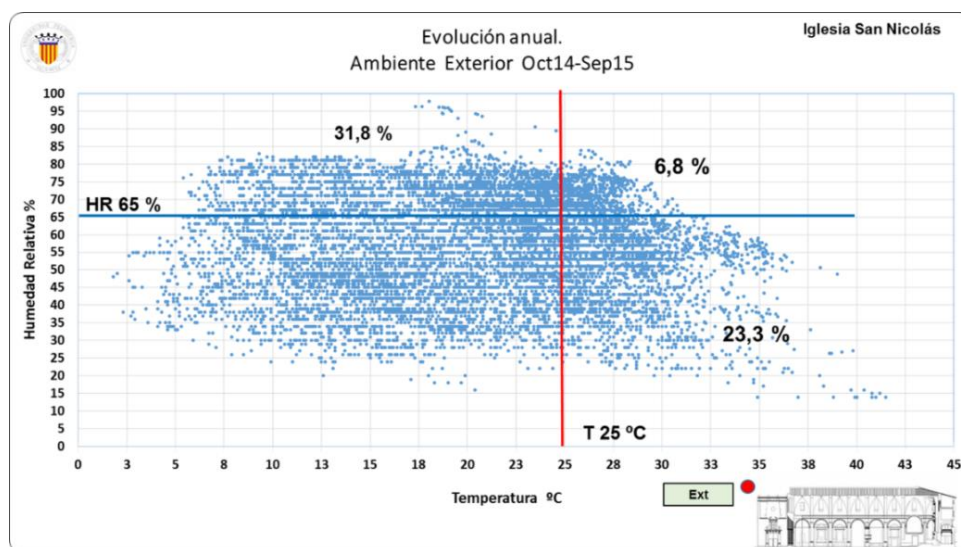


Figura 5.82. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. >65% HR, >25°C. Ambiente exterior. Iglesia de San Nicolás.

Si comparamos estos porcentajes anteriores con los datos obtenidos del ambiente exterior, vemos en la gráfica de la figura 5.82, que el ambiente exterior tendría “menos” riesgo biológico (6.8%), sin contar con el aporte de humedad de precipitaciones atmosféricas. El principal factor de riesgo en la Iglesia es el nivel de temperatura del ambiente interior superior 25°C, suponiendo un 40.48% del tiempo (en el periodo octubre 2014 a septiembre 2015).

Si admitimos nuevos límites superiores empleando el 70% en HR y 30°C de temperatura ambiente, vemos como bajan considerablemente los periodos de riesgo a 1.8%. Figura 5.83. Estos periodos se localizan, como hemos comentado antes, en el periodo estival.

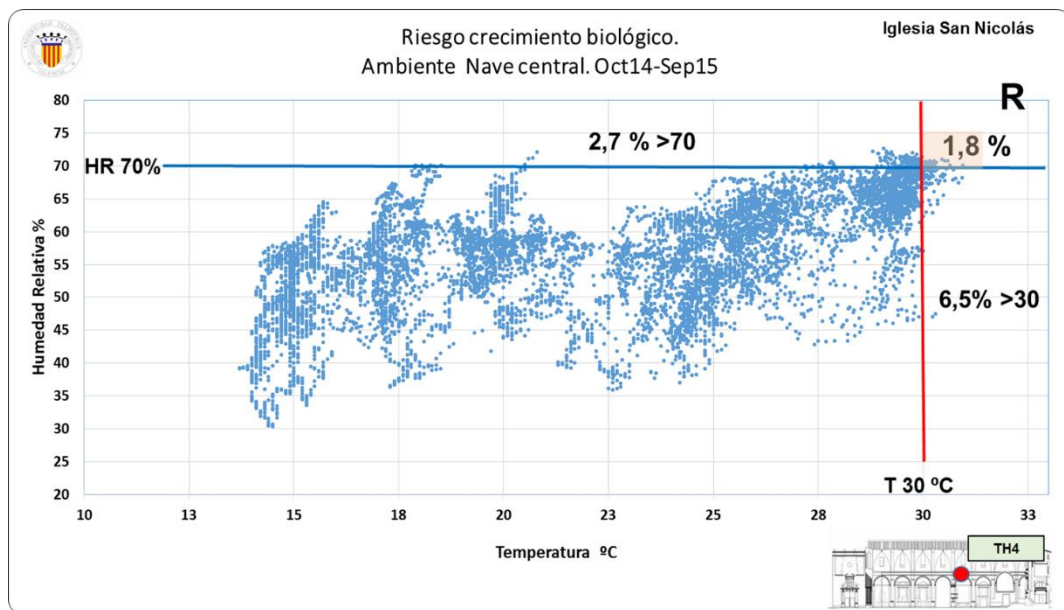


Figura 5.83. Porcentaje temporal de riesgo de crecimiento biológico. >70% HR, > 30°C.
Ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

Se ha comprobado que durante el periodo de estudio, el porcentaje de tiempo con condiciones óptimas de biodeterioro no es muy elevada en el interior de la nave central de la Iglesia. Con un bajo porcentaje de humedad relativa en zona de riesgo (en periodo estival), la ausencia de agua por otros fenómenos, unido a la actual intervención de limpieza y restauración de los frescos, eliminando restos orgánicos y contaminantes, se estima que el riesgo de crecimiento biológico sobre la superficie de las pinturas es muy bajo. Todos estos datos deben ser empleados por biólogos y conservadores para determinar si durante el periodo de intervención se han reproducido fenómenos de biodeterioro y disponer de más elementos de valoración para etapas posteriores. En último punto de este capítulo resumiremos los resultados obtenidos por los equipos de microbiología y contaminación ambiental.

5.5.2.- Deposición de partículas y condensación.

Como indicamos en el capítulo 2, el riesgo de deposición de partículas sobre las superficies y sobre el fresco en concreto, viene determinado por la combinación de varios factores físicos. En el caso de la iglesia de San Nicolás, el aire caliente, (más rico en el vapor) y por lo tanto más ligero el aire, tiende a elevarse y a estratificar en planos horizontales por debajo de la bóveda, el aire frío tiende a descender y estratificar cerca del suelo. En un ambiente cerrado, el perfil de temperatura vertical siempre presenta una cierta estabilidad, reduciéndose la turbulencia y los movimientos convectivos, reduciendo el transporte de partículas y en consecuencia minimizando los procesos de deposición.

Como comprobamos en el apartado de usos de la Iglesia, la estabilidad deja paso a multitud de flujos de aire con la afluencia de feligreses, acompañada de la apertura de las puertas y ventanas, el encendido de las luces que son fuentes de calor, generando movimientos convectivos y el aporte de nuevos contaminantes y humedad.

En las gráficas de la figura 5.84 y 5.85 mostramos la evolución general de las temperaturas superficiales del fresco relacionadas con la temperatura ambiente de la bóveda y el punto de rocío “Dew point” (Dwp1 y Dwp2) en el periodo mayo 2014 a septiembre 2015. La línea de temperatura superficial del fresco comienza en febrero de 2015, momento de la puesta en marcha del sistema de monitorización completo. Se representan los sensores TH3, TH4, T5 y T6. Tanto los sensores combinados de HR y T^a de la zona central y zona del óculo presentan evoluciones similares. Lo mismo sucede con los sensores de superficie del fresco.

Del análisis pormenorizado de la evolución mensual durante el periodo de medición, se comprueba que sobre la superficie de los frescos y pilastras, no se han dado las condiciones favorables para fenómenos de condensación.

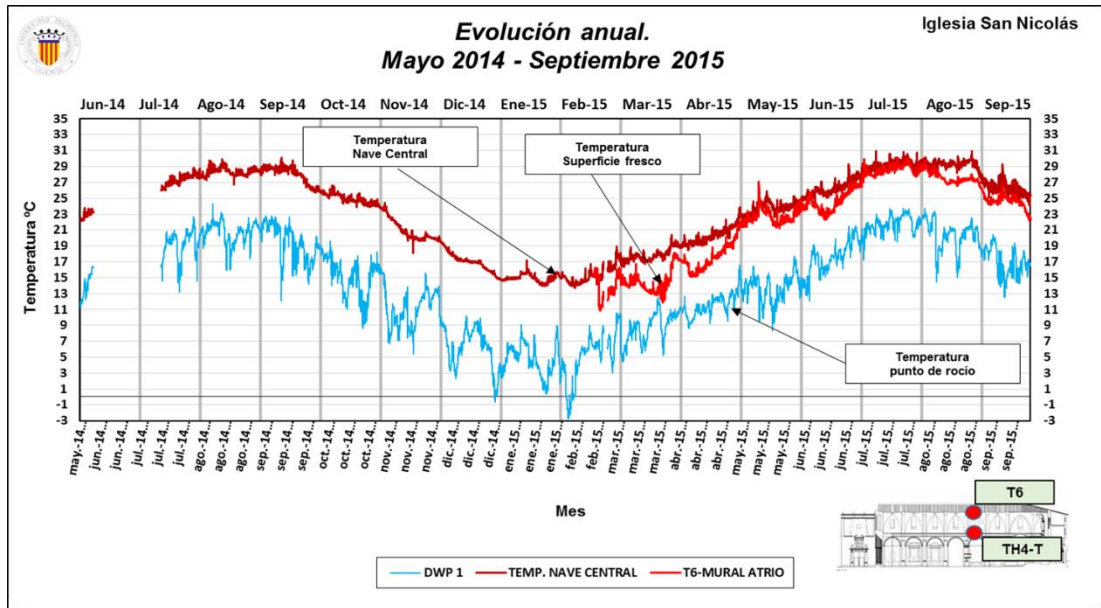


Figura 5.84. Comparación de la evolución de la T^a ambiente, superficial del fresco y del punto de rocío. Sensor TH4. Iglesia de San Nicolás.

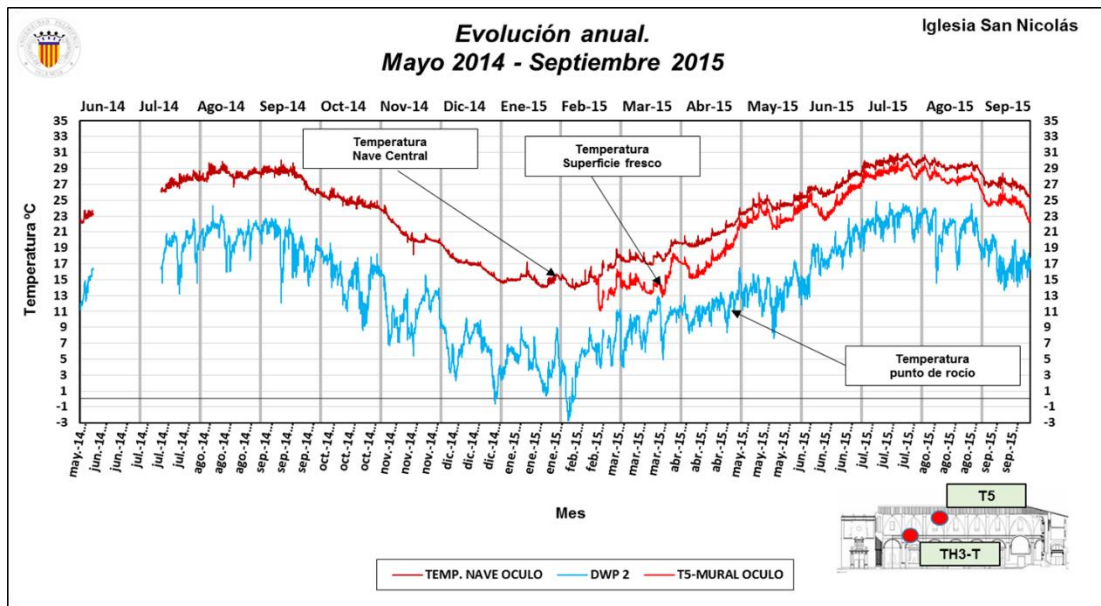


Figura 5.85. Comparación de la evolución de la T^a ambiente, superficial del fresco y del punto de rocío. Sensor TH3. Iglesia de San Nicolás.

Se observa como la tendencia de la temperatura superficial sigue de cerca la ambiente, con diferencias de alrededor de 2 a 3°C en el periodo primaveral y de 1 a 2°C en verano. Es en el periodo primaveral cuando se acentúan los riesgos tanto de deposición de partículas (en este caso por termoforesis), al existir mayores diferencias de temperatura entre el ambiente y la superficie del fresco, como de condensación, al haber menores distancias de la temperatura superficial al punto de condensación.

Además de la termoforesis, estamos ante la presencia de gran parte de los factores físicos de riesgo durante periodos de tiempo determinados de gran afluencia de feligreses. Añadir que las tareas de rehabilitación que se están realizando de forma paralela en la nave central (capillas, pilastras, suelos, etc.), unido al uso diario fuera de la pauta habitual, por la presencia de entre 30 y 40 profesionales en el interior de la nave, hace que la variabilidad microclimática sea todavía más acentuada. En la gráfica de la figura 5.86 señalamos en el círculo sombreado la parte de las gráficas correspondientes al día 25 de mayo de 2015, donde la temperatura de rocío se aproxima a la temperatura del fresco, con el riesgo de condensación sobre la superficie durante un periodo de tiempo.

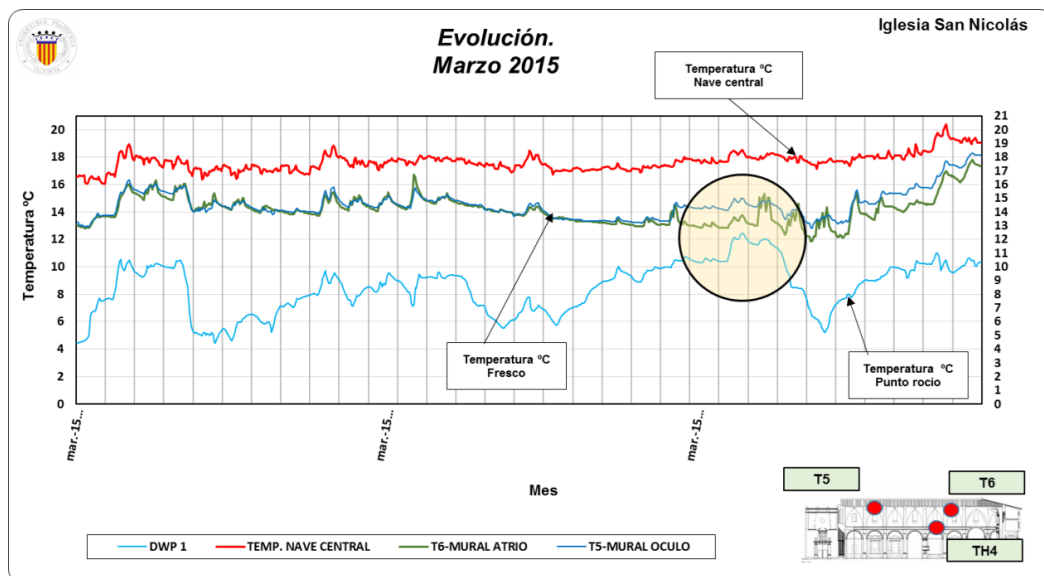


Figura 5.86. Comparación de la evolución de la T^a ambiente, superficial del fresco y del punto de rocío. Mayo 2015. Iglesia de San Nicolás.

5.5.3.- Riesgos de cristalización/hidratación de sales solubles.

Como indicamos en el capítulo 2, los ciclos de cristalización-delicuescencia de las sales solubles se inducen por pequeñas variaciones de temperatura y humedad. En base a las sales encontradas en las eflorescencias de las pinturas murales de la Iglesia, procederemos a evaluar las condiciones ambientales interiores para determinar posibles situaciones de riesgo.

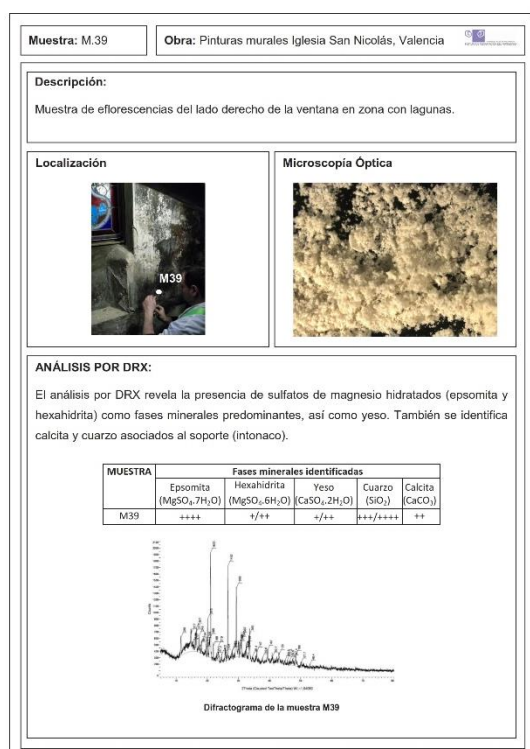


Figura 5.87. Ficha de análisis de eflorescencias. Muestra M39.

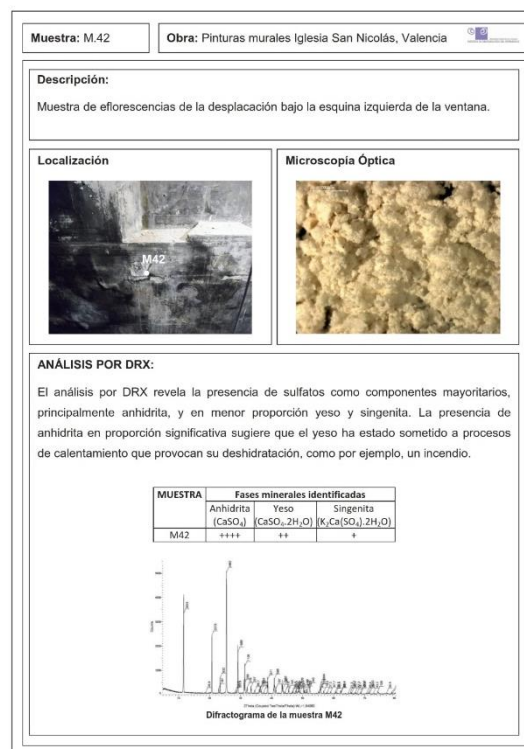


Figura 5.88. Ficha de análisis de eflorescencias. Muestra M42.

La caracterización de las eflorescencias salinas mediante Difracción de rayos X (DRX) realizada por el equipo físico-químico, confirma la presencia de nitrato potásico (nitrocalita) como fase mineral mayoritaria y yeso como minoritaria en la superficie pictórica. En las criptoflorescencias se identifican mayoritariamente sulfatos, tales como yeso, epsomita, anhidrita, hexaditra y otros, detectados en varias muestras. En la figura 5.87 y 5.88 se incluyen dos ejemplos de analíticas de

muestras de eflorescencias tomadas de los lunetos por el equipo de estudios físico-químico. En concreto las muestras M39 y M42.

La mirabilita y la epsomita experimentan cambios de fase de cristalización a la deliquesencia y viceversa con valores de HR cercanos al 83% RH (15-20°C). La deshidratación de la mirabilita se observa cuando la humedad relativa cae por debajo de 65% RH. La mirabilita muestra los cambios de fase más pronunciados y rápidos en respuesta a las variaciones del clima interior. La epsomita por el contrario responde de manera más lenta y débil.

La condición de sobresaturación y precipitación se da cuando la humedad relativa del aire, en equilibrio con la disolución real es igual o menor, a la humedad relativa del aire en equilibrio con la disolución saturada.

$$HR \leq HReq$$

Así pues, en tanto en cuanto la humedad relativa del aire sea superior a la humedad relativa de equilibrio de la disolución, el soluto permanecerá en la disolución o la sal ya cristalizada, se re disolverá por reacción con el vapor de agua contenido en el aire. Solo si la humedad relativa del ambiente llega a ser inferior a la de equilibrio de la disolución saturada en una determinada sal, dicha sal cristalizará.

Las variaciones de HR del ambiente generan ciclos de cristalización-disolución para una sal dada, independientemente que se produzcan cambios de temperatura o evaporación del solvente. (A.G. Casco, 2007)

Estudiaremos los posibles ciclos de transición de la halita y la mirabilita, ya que estas dos sales representan en general el comportamiento de sistemas anhidros (HCl) e hidratados ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Generalmente las sales hidratadas (con H_2O estructural), son más susceptibles a cambios en la HR que las sales anhidras.

La deliquesencia de la halita sal (cloruro de sodio) se produce a 75,3% RH y es independiente de la temperatura. Como podemos comprobar, durante todo el periodo de medición, las condiciones de la Iglesia son favorables para que se mantenga la halita en forma cristalizada, siendo la HR < HR_{eq} de la sal. No se contabilizan transiciones de sal cristalizada a disuelta. Figura 5.89.

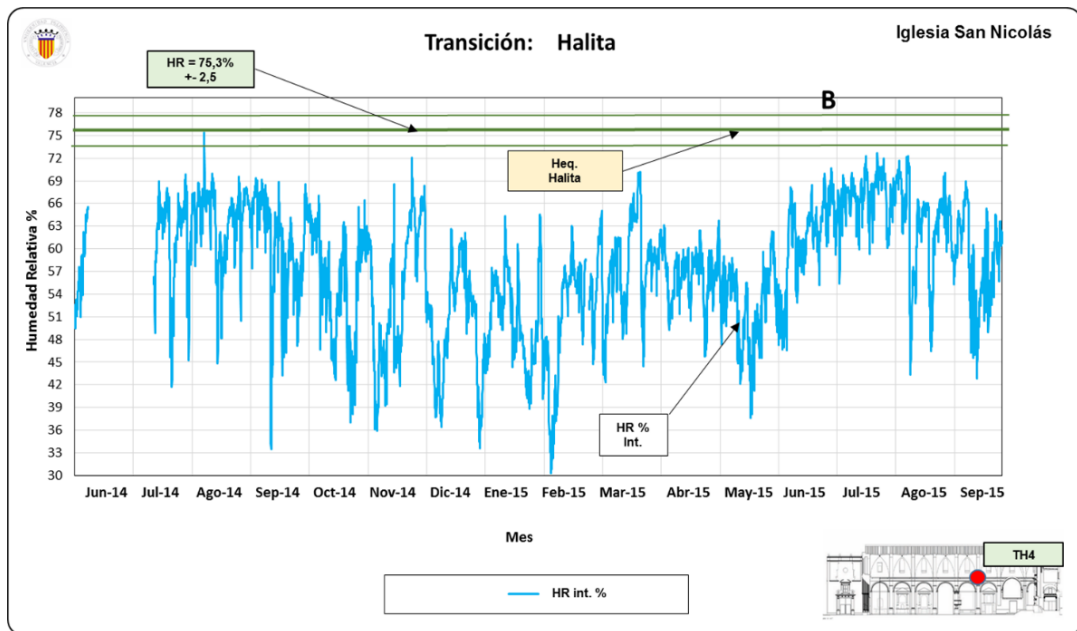


Figura 5.89. Evaluación de riesgo de transición de fase de la halita. HR ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

La transición de las sales hidratadas como la mirabilita depende tanto de la temperatura como de la humedad relativa (Benavente et al., 2008). Durante la transición de la thenardita (Na₂SO₄) - mirabilita (Na₂SO₄·10H₂O), las presiones del sistema son del orden de 10 MPa, Estas presiones se producen cuando la humedad relativa aumenta a través de los valores descritos por:

$$HR_{eq} = 0.87549T + 59.11 \text{ donde } 0 < T < 22,5^{\circ}\text{C}$$

Esta ecuación tiene validez hasta 30°C, pero una transición de fase diferente tiene lugar en estos niveles térmicos.

Aplicando la formulación a los datos ambientales del interior de la nave central, obtenemos la gráfica de la figura 5.90. Podemos observar como la HR del interior de la Iglesia no alcanza en ningún momento la humedad de equilibrio de la sal, por lo que las condiciones de la Iglesia son favorables para que se mantenga la forma cristalizada de estas sales, sin contabilizar transiciones de fase entre estado anhidro e hidratado.

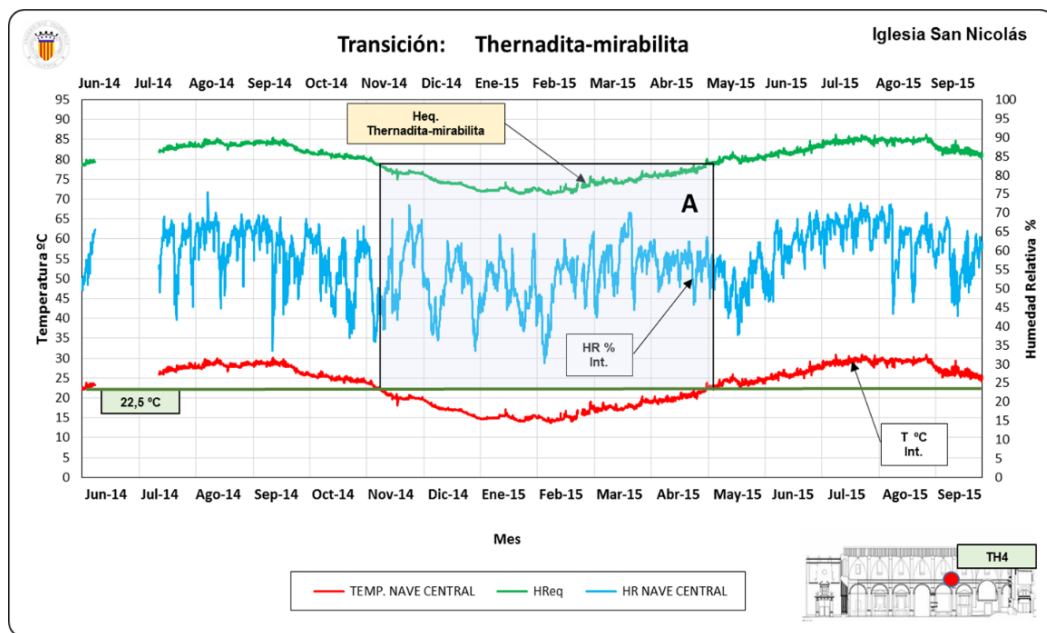


Figura 5.90. Evaluación de riesgo de transición de fase de la thernadita-mirabilita. HR ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

La cristalización de yeso se caracteriza por el crecimiento de nuevos cristales en las superficies, y se correlaciona con las pequeñas variaciones de humedad relativa de $\pm 2, 5\%$, dentro del rango 65 a 75% HR en el ambiente interior. Figura 5.91. El yeso se considera como una sal muy agresiva, tanto por su frecuente uso en los materiales de construcción de muros y revestimientos, como por las presiones que puede llegar a desarrollar. (A.G. Casco, 2007). En el caso de la Iglesia de San Nicolás, el yeso, componente casi único de los enfoscados, se convierte en el principal enemigo de los enlucidos de cal y arena cuando el agua se difunde entre ellos. (Regidor, J.L., Osca, J. Soriano, P. 2015)

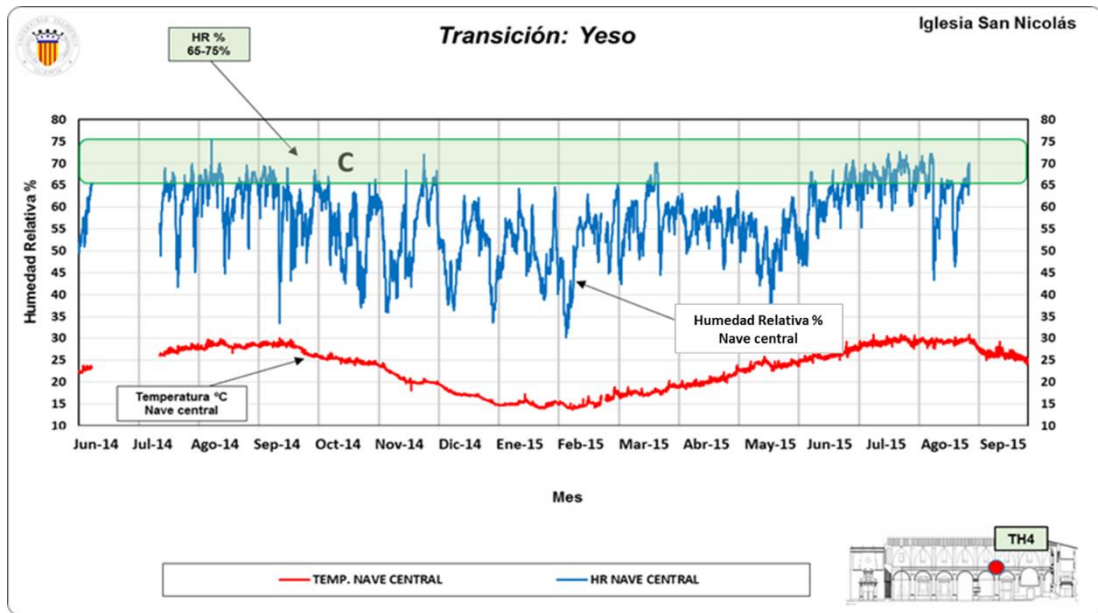


Figura 5.91. Evaluación de riesgo de transición de fase del yeso. HR ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

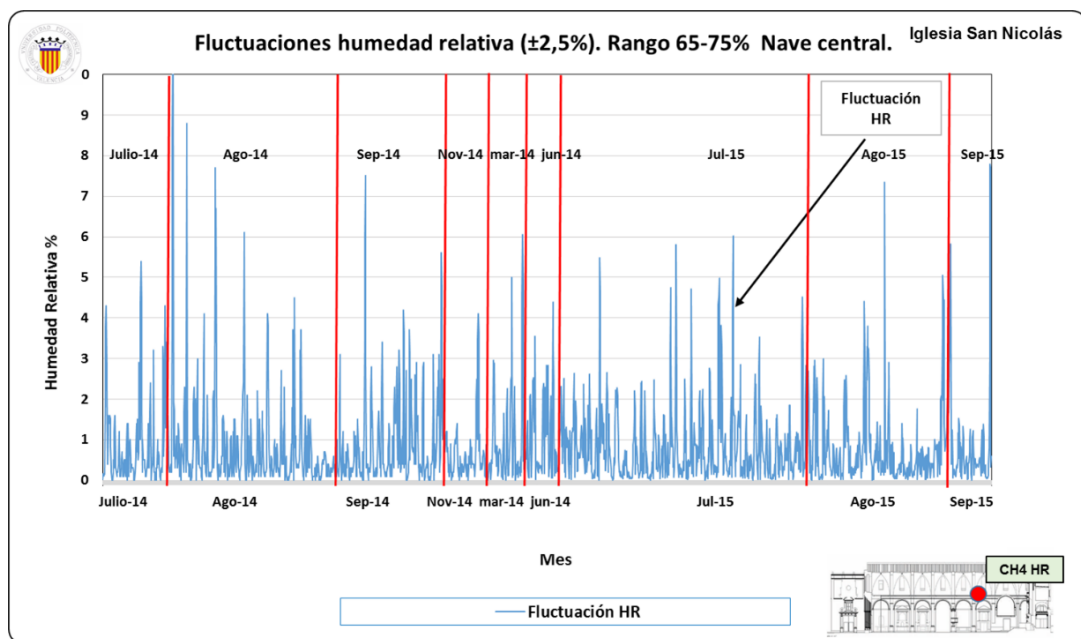


Figura 5.92. Fluctuaciones de HR ($\pm 2,5\%$) en el rango 65-75%. HR ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

Para analizar los periodos favorables para la aparición de cristales de yeso, acotamos el intervalo de visualización al rango 65-75% de HR y se calculan las fluctuaciones tri-horarias diarias de $\pm 2.5\%$. En la gráfica de la figura 5.92 se observa como estas fluctuaciones se producen principalmente los meses de julio, agosto y septiembre de 2014 y 2015, existiendo algún pequeño periodo en noviembre y marzo de 2014.

Todos los supuestos analizados, se realizan con la premisa de que no existe tasa de aporte exterior de humedad (filtraciones), al estar la cubierta y fachadas totalmente rehabilitadas y asegurada su impermeabilidad. Como vimos al inicio del capítulo, este aporte de agua fue constante a lo largo de muchos años antes de la intervención.

Como hemos visto anteriormente, las grandes fluctuaciones del ambiente exterior son amortiguadas por la envolvente de edificio, quedando un ambiente interior aparentemente más estable. Pero hemos comprobado como los usos del edificio afectaban en gran medida a esta estabilidad.

Durante los lunes de san Nicolás por ejemplo, la gran afluencia de feligreses implica el encendido de la totalidad de la iluminación con el efecto del aumento de la temperatura, y el descenso rápido de la HR correspondiente, que facilita la cristalización de las sales. La propia transpiración de las personas aporta como vimos, un sensible aumento de la humedad específica de aire con el correspondiente incremento de la HR, (siempre relacionada con la temperatura), favoreciendo en este caso la disolución de las sales.

5.5.4.- Aplicación de normativa específica.

Para establecer los límites o rangos de variables ambientales para evitar los riesgos sobre los Bienes Culturales, la tendencia actual desaconseja aplicar estándares establecidos y aplicados durante muchos años. Los estándares deben dirigirse a métodos de trabajo utilizados, como por ejemplo establecen normas europeas específicas de conservación del Patrimonio Cultural, ya en la legislación española (UNE-EN 15757:2011, UNE-EN 15758:2011, UNE-EN 15886:2011), o la norma italiana UNI 10829:1999. Las especificaciones de temperatura y humedad relativa son más flexibles en estas normas, como sucede también con los grados de control climático del ASHRAE. Estas nuevas normativas y/o recomendaciones suponen el reconocimiento de que los objetos (obras de arte) tienen un rango dentro del cual toleran las fluctuaciones sin daño.

5.5.4.1.- ASHRAE.

Para la evaluación del riesgo de los elementos ornamentales en general, vamos a emplear los grados de control climático de ASHRAE. Mostramos primero en las gráficas los grados de control B y C de ASHRAE, más específicos para edificios históricos, sin las exigencias tan estrictas de grados AA o A, correspondientes a controles de precisión en museos, archivos y bibliotecas, con sistemas activos de acondicionamiento de aire. El grado B permite a corto plazo fluctuaciones de $\pm 10\%$ HR y $\pm 5^{\circ}\text{C}$, sin elevar la temperatura por encima de 30°C , siendo esta tan baja como sea necesario para mantener la HR. Este grado supone un bajo riesgo para la mayoría de las pinturas. La zona de seguridad "B" se encuentra sombreada. En nuestro caso, se observa como solamente las máximas oscilaciones horarias cumplen con este requisito, quedando fuera de rango las oscilaciones diarias y mensuales. Figura 5.93.

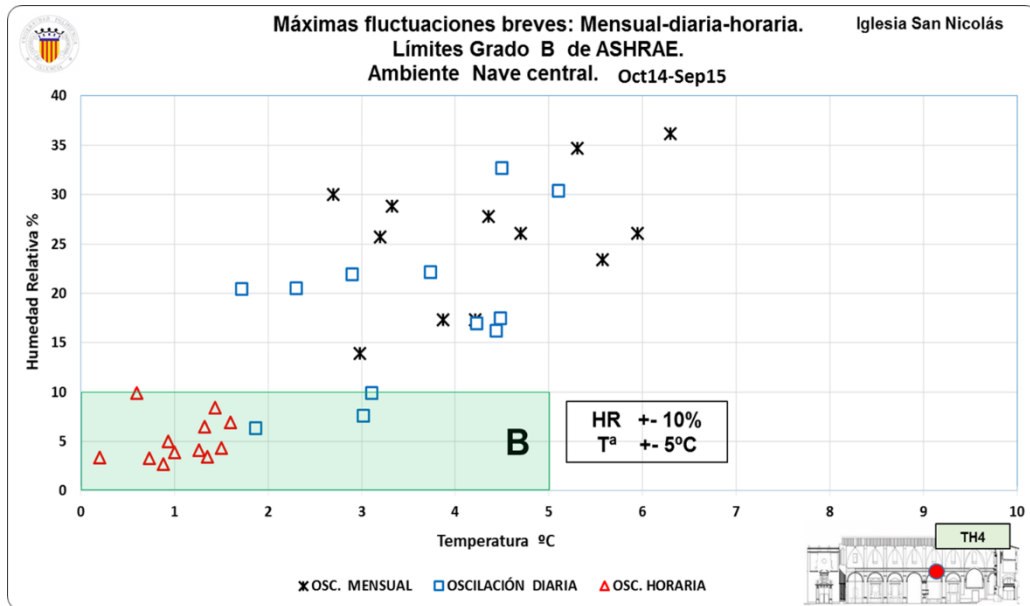


Figura 5.93. Máximas fluctuaciones breves mensual-diaria-horaria. Límites grado B. ASHRAE. Ambiente interior. Iglesia de San Nicolás.

El grado C (figura 5.94) permite rangos de HR dentro de 25-75% y la temperatura raramente sobre 30°C y generalmente por encima de 25°C. Podemos comprobar como las limitaciones de HR son absolutamente respetadas, por el contrario, se alcanzan durante un alto porcentaje del tiempo anual valores de temperatura por encima de 25°C (40.48%) y por encima de 30°C (6.5%), zona "R". Este grado C reconoce que la mayoría del potencial daño microclimático incontrolado puede prevenirse simplemente evitando excesos de humedad.

Aplicando los cálculos de las máximas fluctuaciones breves (límites grado B ASHRAE) al ambiente exterior, obtenemos la gráfica de la figura 5.95. Se observa como las fluctuaciones son mucho más amplias que las del ambiente interior.

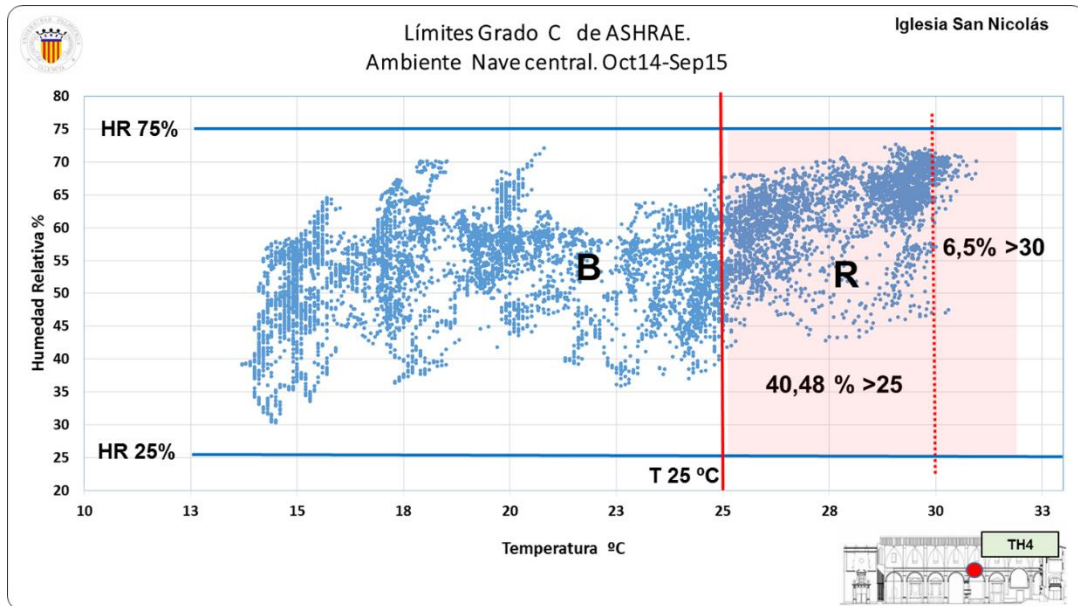


Figura 5.94. Límites de grado C ASHRAE. HR y Tª interior. Iglesia de San Nicolás.

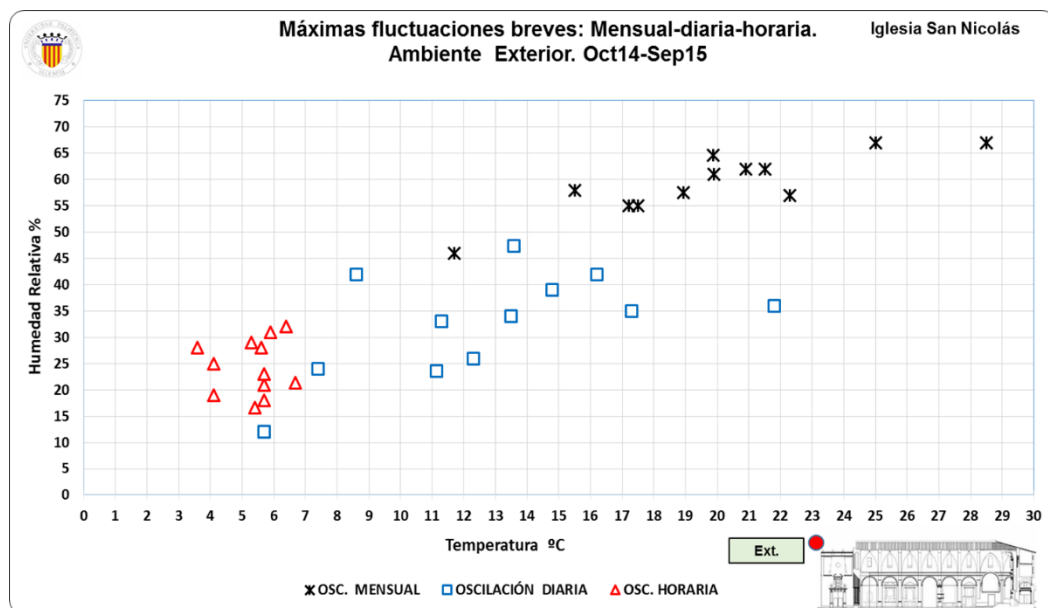


Figura 5.95. Máximas fluctuaciones breves mensual-diaria-horaria. Límites grado B. ASHRAE. Ambiente exterior. Iglesia de San Nicolás.

5.5.4.2.- Norma UNE-EN 15757:2011. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos.

El microclima histórico puede ser definido en base a los valores de T y HR más frecuentes y sus fluctuaciones. Estos valores se definen según la norma UNE-EN 15757 para especificar los niveles que limitan el daño físico causado por las fluctuaciones microclimáticas en materiales orgánicos e higroscópicos, conservados largos periodos de tiempo en un entorno específico.

El clima interior se define mediante los niveles medios y por la variabilidad de la temperatura y de la humedad relativa. Estos datos se representan en términos de:

- a) Nivel medio sobre un periodo de tiempo seleccionado, por ejemplo, un año.
- b) Ciclos estacionales.
- e) Fluctuaciones a corto plazo.

a) Nivel medio sobre un periodo de tiempo seleccionado.

El nivel se determina como la media aritmética de los valores obtenidos de la humedad relativa, es decir, la suma de todos los niveles observados dividida por el número de observaciones. La primera referencia útil es la media anual. La segunda es la serie de medias mensuales. El ciclo estacional interpola las series de medias mensuales. En la gráfica de la figura 5.96 se observa la media de la HR con valor 57,5% del periodo junio 2014-septiembre 2015.

b) Ciclos estacionales.

El ciclo estacional se obtiene calculando, para cada lectura, la media móvil (MA, Moving Average) central, que corresponde a la media aritmética de todas las lecturas de humedad relativa tomadas en un periodo de 30 días. La media móvil (MA) suaviza las fluctuaciones a corto plazo y resalta la tendencia o los ciclos a largo plazo. Fluctuaciones de corta duración se calculan como la diferencia entre la lectura de la humedad relativa en curso y la media móvil (MA) del día 30 calculada para esa lectura como se ha descrito anteriormente. Así se tiene en cuenta la variabilidad estacional natural. Figura 5.96.

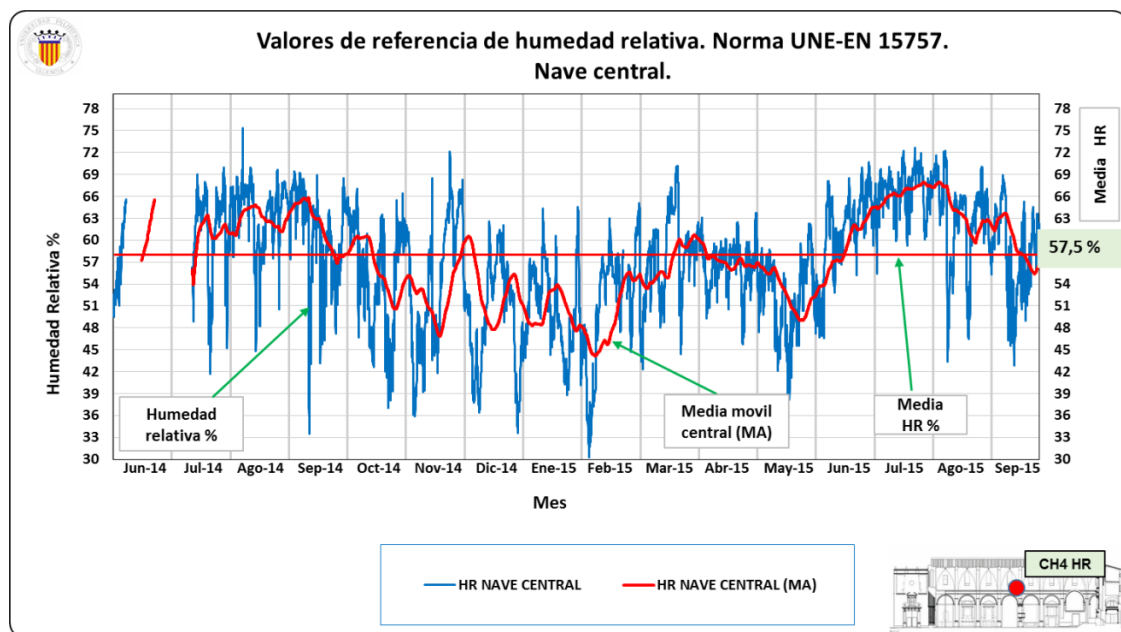


Figura 5.96. Humedad relativa ambiente interior con media móvil (MA) y media. Iglesia de San Nicolás.

Por último se determina el intervalo de referencia. Si la humedad relativa es inestable, los límites inferior y superior del intervalo de referencia de las fluctuaciones de la humedad relativa se determinan, respectivamente, como los percentiles 7º y 93º de las fluctuaciones registradas en el periodo de monitorización. Para cualquier distribución, los percentiles 7º y 93º se obtienen ordenando las

fluctuaciones desde el valor negativo más bajo al valor positivo más alto y seleccionando los valores que se encuentren dentro del 7% y del 93% de las observaciones, respectivamente. De esta manera se excluye el 14% de las fluctuaciones mayores, de mayor riesgo, aplicándose los cortes igualmente a las crestas y a los valles de la humedad relativa, limitando los entornos excesivamente húmedos o secos. (UNE-EN 15757). Figura 5.97.

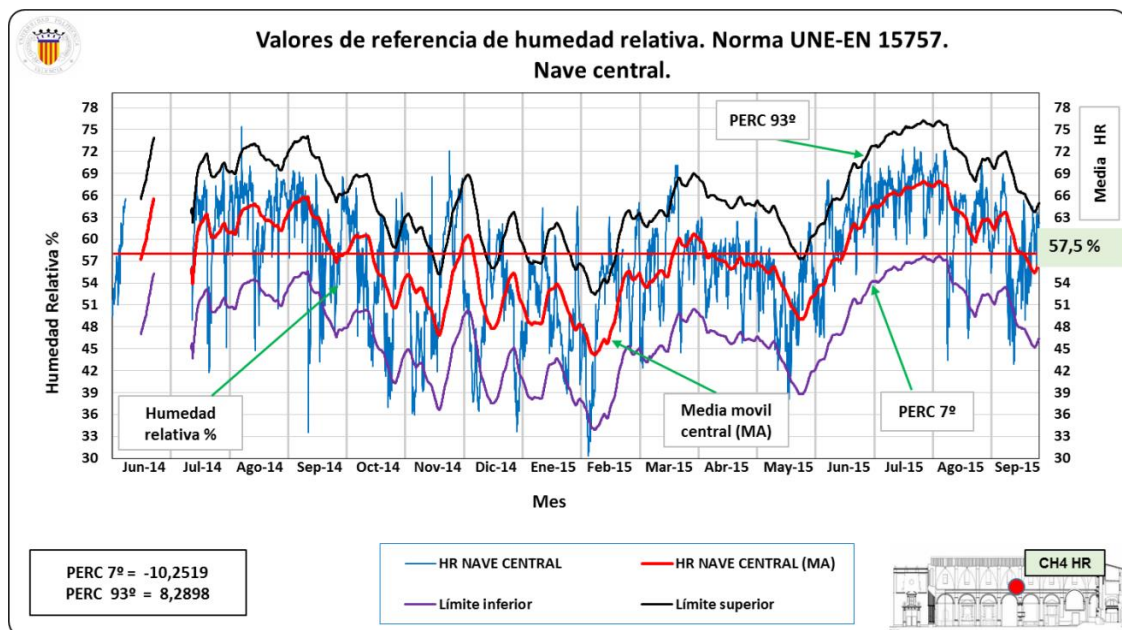


Figura 5.97. Valores de referencia de humedad relativa ambiente interior. Percentiles 93º y 7º. Norma UNE-EN 15757. Iglesia de San Nicolás.

Como ya hemos comentado, es imposible definir los valores óptimos que abarquen todos los materiales y ambientes, definir cuál es el clima ideal es muy complicado debido a la gran cantidad de variables implicadas. La limitación de los ciclos de temperatura y humedad, principalmente las fluctuaciones a corto plazo, y el estudio del clima histórico, es fundamental para mantener las condiciones estables y coherentes con el pasado, para asegurar la conservación preventiva de los Bienes Culturales.

En la gráficas de la figuras 5.97 y 5.98, se observan los rangos seguros de humedad relativa y temperatura, obtenidos de la adición de la fluctuación a corto plazo positiva y negativa, a la media móvil (MA 30 días). Estos rangos limitan los valores instantáneos de ambos parámetros a lo largo del ciclo de junio de 2014 a septiembre de 2015.

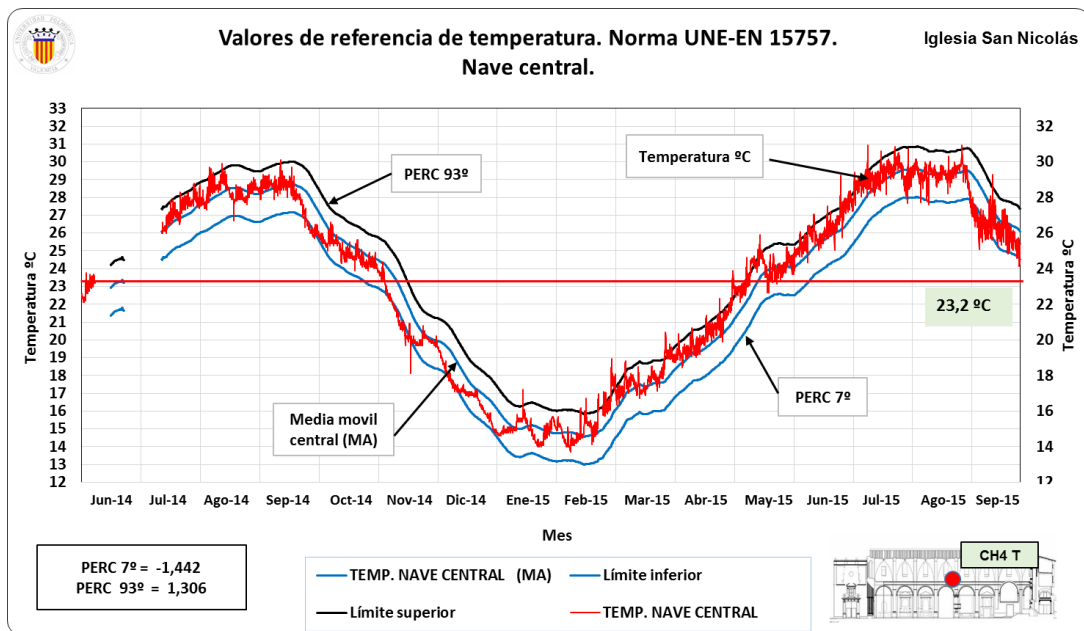


Figura 5.98. Valores de referencia de temperatura ambiente interior. Percentiles 93 $^{\circ}$ y 7 $^{\circ}$. Norma UNE-EN 15757. Iglesia de San Nicolás.

e) Fluctuaciones a corto plazo.

Las fluctuaciones a corto plazo son calculadas por la diferencia entre los valores instantáneos y el ciclo estacional, limitadas por los percentiles 7 $^{\circ}$ y 93 $^{\circ}$. En el caso de la humedad relativa y temperatura interior de la Iglesia, se obtiene el intervalo recomendable según la norma de:

- +8,28% y -10,25% para la humedad relativa. Figura 5.99.
- +1,44 $^{\circ}\text{C}$ y -1,30 $^{\circ}\text{C}$ para la temperatura. Figura 5.100.

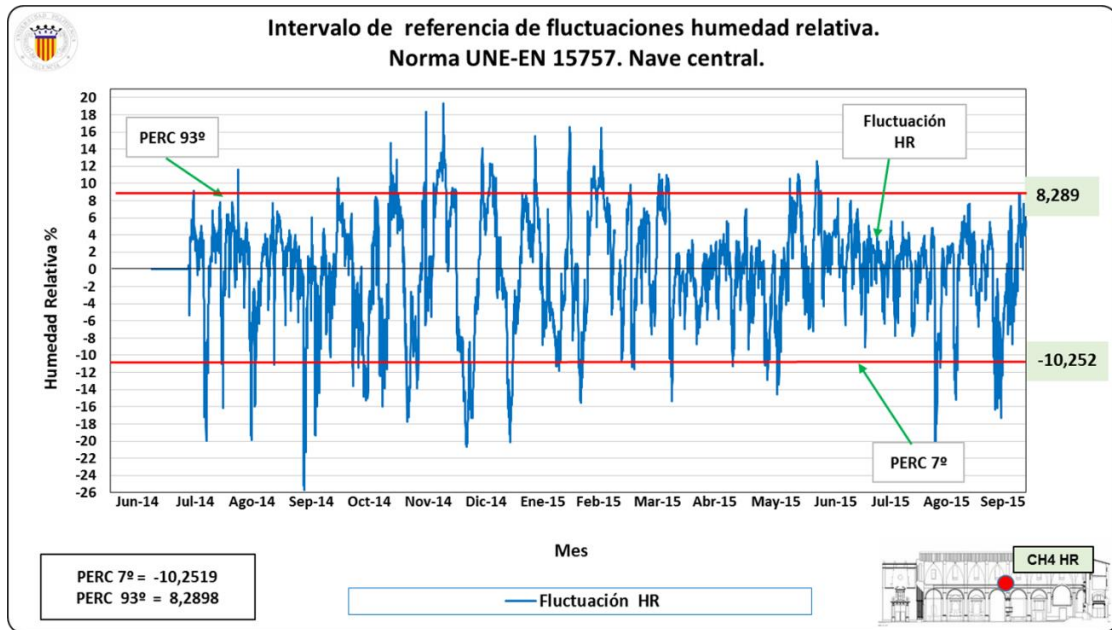


Figura 5.99. Intervalos de referencia de humedad relativa ambiente interior. Percentiles 93º y 7º. Norma UNE-EN 15757.

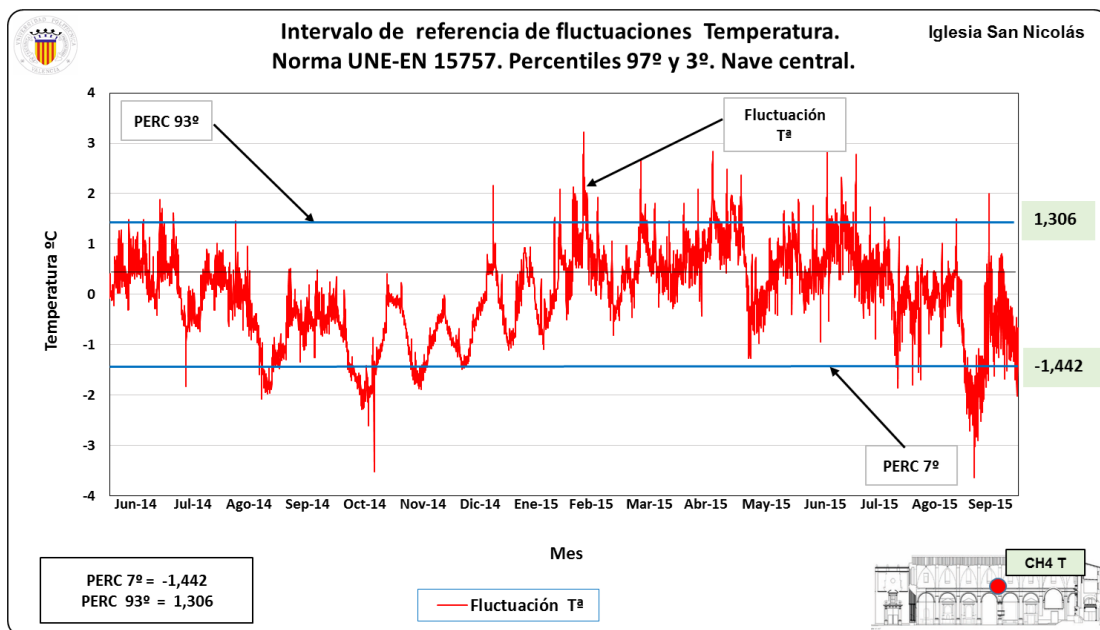


Figura 5.100. Intervalos de referencia de temperatura ambiente interior. Percentiles 93º y 7º. Norma UNE-EN 15757.

Según la norma UNE, se puede definir este rango de variación como seguro y debería respetarse en el futuro, especialmente en el caso de la instalación de sistemas de calefacción o climatización, para evitar daños a los materiales de los elementos ornamentales.

Como comprobamos, el enfoque de esta norma es poco exigente con los ciclos estacionales, no imponiendo ningún límite claro. Por el contrario los límites resultantes de la eliminación del 14% de las máximas fluctuaciones, pueden resultar excesivos para iglesias situadas en climas más benignos como el mediterráneo, que no poseen instalaciones de calefacción. En nuestro caso, la Iglesia de San Nicolás se encuentra situada en un clima templado y no posee instalaciones de calefacción, pero las importantes fluctuaciones debidas a la afluencia masiva de fieles y visitantes, hacen que la aplicación de la norma pueda aproximarse a la finalidad de la misma.

La temperatura tiene un efecto directo sobre la conservación, pero también un efecto indirecto, ya que la humedad relativa del aire depende también de este parámetro. Los cambios y fluctuaciones de la temperatura y de la humedad relativa deberían considerarse desde un punto de vista estático de niveles o intervalos admisibles y debería tenerse en cuenta desde un punto de vista dinámico, es decir, la duración de los ciclos y la frecuencia con que estos se repiten.

En la norma se considera la humedad relativa como el principal factor a analizar, pero en el caso de la Iglesia de San Nicolás, el edificio no está equipado con sistemas de climatización y hace necesario incluir en el análisis la temperatura, ya que influye directamente en la HR y puede contribuir a su estabilidad. Como veremos, en la aplicación norma italiana UNI 10829:1999 se tendrán en cuenta ambas variables (HR y T^a), en el análisis de las fluctuaciones diarias del ambiente interior y se comparará con los resultados obtenidos con la norma UNE.

Para realizar un posible ajuste del método en las Iglesias de clima templado, vamos a realizar los cálculos de la norma UNE con los siguientes supuestos:

- Se proponen nuevos límites inferior y superior del intervalo de referencia de las fluctuaciones de la humedad relativa los determinaremos como los percentiles 5º y 95º de las fluctuaciones registradas en el periodo de monitorización. Con estos nuevos límites se excluye el 10% de las fluctuaciones mayores, de mayor riesgo.
- La nueva media móvil (MA) que emplearemos será la correspondiente a 10 días, suavizando menos las fluctuaciones a corto plazo y resaltando la tendencia de los ciclos a medio plazo.

En la gráfica de la figura 5.101 se observa el rango seguro de humedad relativa, obtenidos de la adición de la fluctuación a corto plazo positiva y negativa, a la media móvil (MA 10 días).

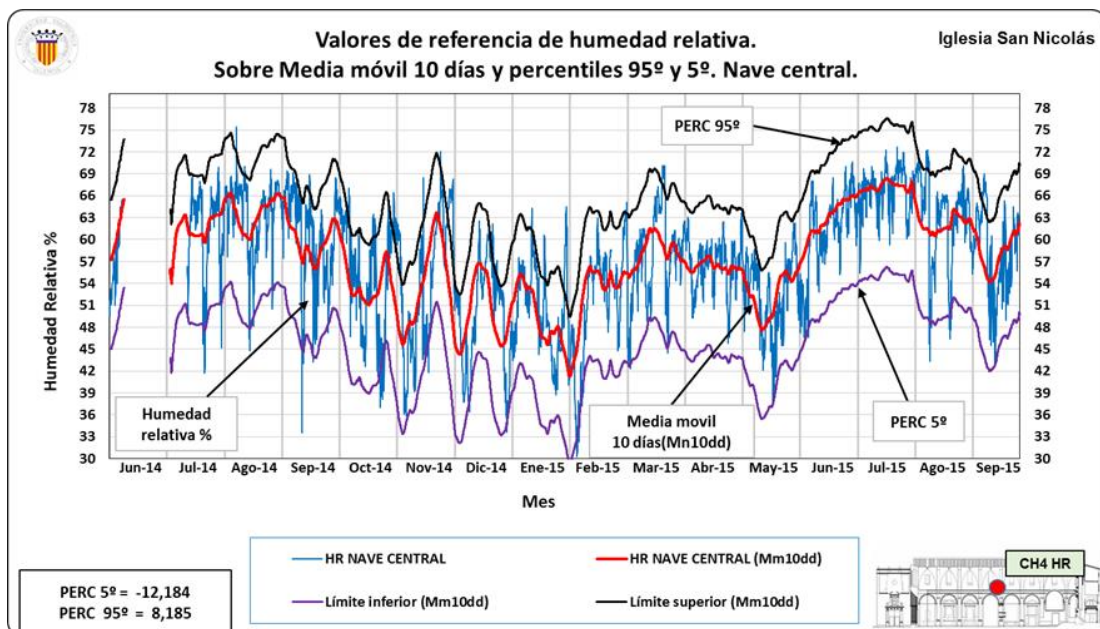


Figura 5.101. Valores de referencia de humedad relativa ambiente interior. Percentiles 95º y 5º. Sobre media móvil 10 días. Iglesia de San Nicolás.

Las nuevas fluctuaciones a corto plazo son calculadas por la diferencia entre los valores instantáneos y el ciclo estacional, limitadas por los percentiles 5º y 95º. En el caso de la humedad relativa interior de la Iglesia, se obtiene el intervalo recomendable según esta nueva aproximación de:

- +8.185% y -12,184% para la humedad relativa. Representando en la figura 5.102 el intervalo de referencia calculado.

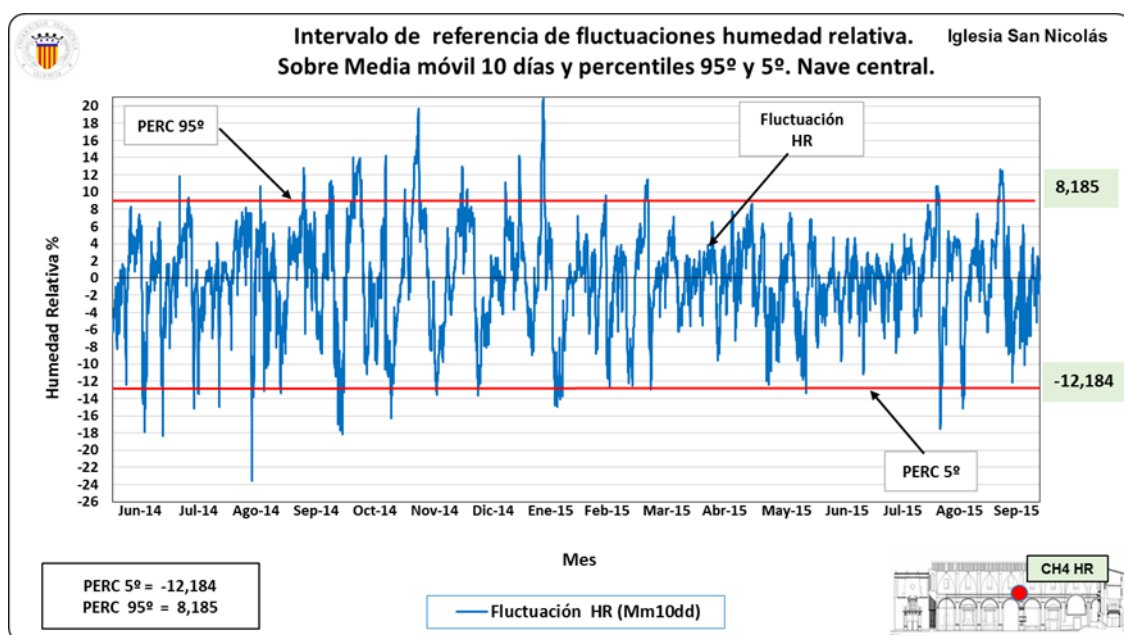


Figura 5.102. Intervalo de referencia de humedad relativa ambiente interior. Percentiles 95º y 5º. Sobre media móvil 10 días. Iglesia de San Nicolás.

Como comprobamos, esta nueva aproximación es demasiado permisiva en el caso que nos ocupa, no aplicando casi restricciones a las fluctuaciones y a la evolución de la humedad relativa. Como veremos en el siguiente apartado, el empleo de la normativa italiana verificará la aplicación de la norma UNE con las premisas originales.

5.5.4.3.- Norma UNI 10829:1999. Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazione ed analisi

El microclima, solo o en combinación con otros factores, juega un papel fundamental en los procesos de degradación de materiales o de componentes individuales de los Bienes Culturales. Los objetos responden de manera diferente a los valores dados por las variables ambientales y los cambios temporales (o gradientes espaciales) de temperatura y humedad relativa o calor, son causa en muchos materiales de tensiones internas y efectos acumulativos irreversibles que aceleran el proceso de degradación.

Para la determinación de valores de los parámetros, con fines de Conservación Preventiva, es necesario referirse a estudios específicos para definir el microclima más adecuado para cada objeto. Esta norma proporciona pautas para la elección y el control del microclima para la conservación del Patrimonio Cultural en ambientes interiores como museos, galerías, archivos, bibliotecas, iglesias y edificios históricos, mediante tablas con rangos de fluctuación recomendados.

En la tabla 2.4 del Capítulo 2, se presentaron los valores de referencia recomendados en condiciones climáticas estables y en ausencia de indicaciones específicas para entornos que contienen Bienes de Interés Cultural. Estos valores proceden de fuentes de literatura técnica en base a experiencias de diversos autores e instituciones. Las tablas recogen las recomendaciones para diferentes tipos de materiales, atendiendo a su naturaleza: orgánica, inorgánica y compuesta. Las tablas contienen propuestas de rangos de temperatura, humedad relativa, con las fluctuaciones máximas diarias recomendadas de estos parámetros.

Atendiendo a los resultados obtenidos con la aplicación de otras normativas y recomendaciones, y empleando los valores de referencia de la norma UNI, hemos calculado las fluctuaciones diarias de los parámetros de humedad relativa y temperatura del ambiente interior de la Iglesia, considerando como rango seguro los siguientes valores:

- Humedad relativa variación admisible $\pm 9\%$.
- Temperatura variación admisible $\pm 1,5\%$

Con estas limitaciones obtenemos la gráfica de la figura 5.103, donde se representa la zona segura “B” para estas condiciones.

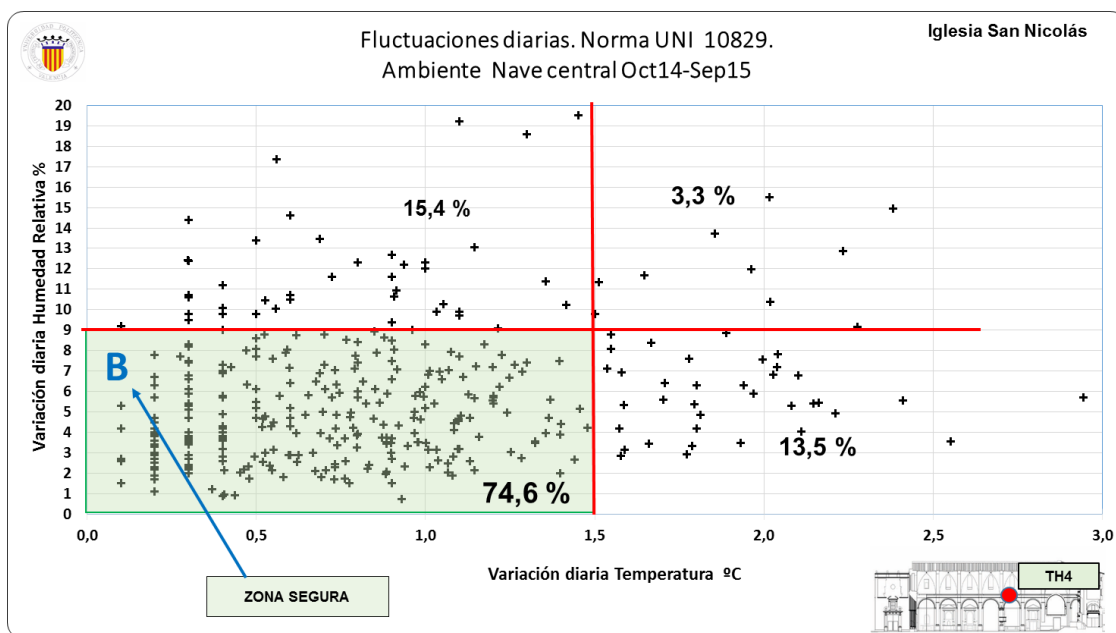


Figura 5.103. Intervalos de referencia de humedad relativa ambiente interior. Norma UNI.

Comprobamos como las fluctuaciones de HR superiores al $\pm 9\%$ se producen el 15,4% del tiempo, y las de temperatura un 13,5%. Los parámetros ambientales se sitúan durante un 74,6% del tiempo en la zona óptima. Buscando la similitud con la norma UNE, observamos como con la aplicación de esta norma se eliminan cerca del 14% de las fluctuaciones de humedad relativa y temperatura (las más dañinas), aproximándose a los límites establecidos por la norma UNE-EN15757 en la Iglesia de San Nicolás.

5.6.- Resultados de estudios de contaminación ambiental y biológica.

Presentamos en este punto el resumen de los estudios realizados por los equipos de trabajo correspondientes al control de la actividad biológica (Dra. Pilar Bosch y Dr. Rosa Montes), y al control de la evolución de partículas en suspensión (Dra. Pilar Bosch). La metodología y conclusiones están extraídas de un artículo todavía sin publicar, para el congreso REHABEND 2016, titulado “*Monitorización de las condiciones ambientales durante la restauración de la Iglesia de San Nicolás*”. Además de los técnicos citados, colaboran en este artículo la Dra. Pilar Roig y la Arq. Valeria Marcenac.

En la figura 5.104 se muestran tanto los puntos de control termohigrométrico como los puntos de toma de muestras microbiológicas y de partículas en suspensión, realizadas en la Iglesia de San Nicolás.

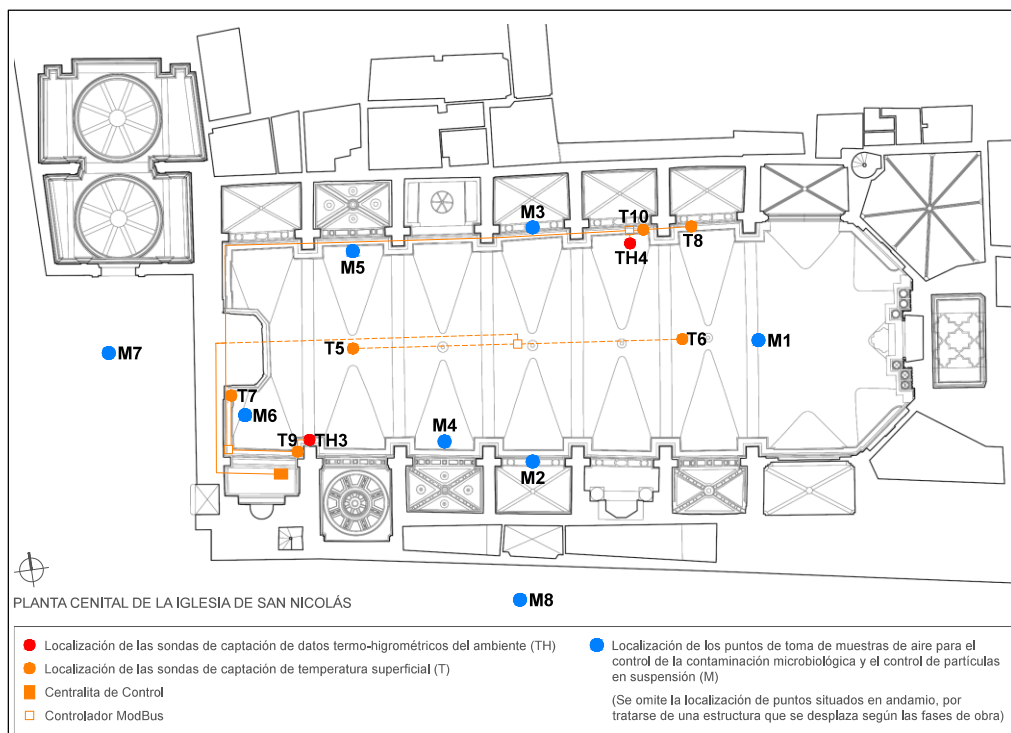


Figura 5.104. Plano de instalación de sensores y localización de toma de muestras de aire. Iglesia de San Nicolás. (Fuente equipo de investigación condiciones ambientales)

Control de microorganismos en el aire.

El control de la contaminación microbiológica del aire del ambiente interior y exterior de la iglesia se ha realizado mediante la utilización del equipo S.A.S (Surface Air System pbi) SUPER 100/180. Dicho equipo aspira un caudal de aire controlado, permitiendo un estudio cuantitativo, este caudal de aire impacta sobre la superficie de placas petri con medios de cultivo específicos para el aislamiento de microorganismos. El flujo de aire aspirado utilizado en el SAS fue de 100 litros.

Una vez tomadas las muestras fueron incubadas en estufa a 28° C, durante 5-7 días para hongos y levaduras y 3 días para bacterias. Una vez finalizada la incubación se han contado las colonias de hongos y bacterias crecidas y se han expresado los resultados como Unidades Formadoras de Colonias por m³ de aire (UFC/m³). El control de la contaminación microbiológica del aire se ha realizado mensualmente. Se seleccionaron 17 puntos de toma de muestras de aire: 6 puntos en la planta baja, 8 puntos en el andamio y 3 puntos en el exterior de la Iglesia.

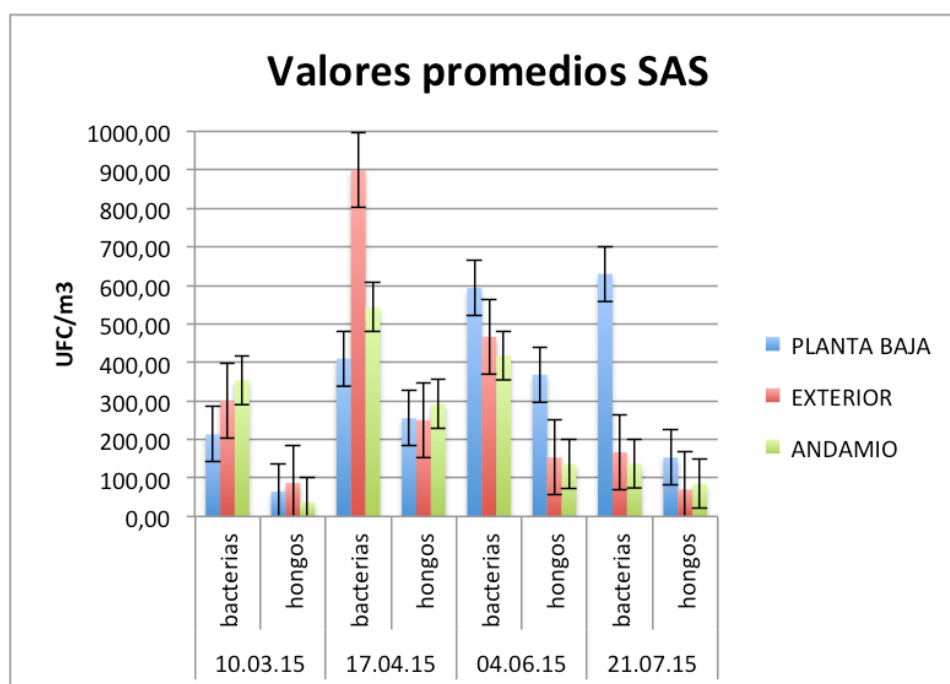


Figura 5.105. Valores promedio de microorganismos aislados. Iglesia de San Nicolás.

(Fuente equipo de investigación condiciones ambientales).

Los resultados obtenidos muestran (figura 5.105) una gran variabilidad de cantidades de microorganismos presentes en el aire entre muestreos y en algunos casos también entre las diferentes zonas de muestreo (planta baja, exterior y andamio). En la mayoría de los muestreos observamos que los resultados son del mismo orden en el interior y el exterior de la iglesia, lo que nos indica que la contaminación microbiológica del ambiente interior depende en gran medida de la contaminación del aire del exterior de la Iglesia.

Con los resultados obtenidos en el estudio microbiológico en la Iglesia de San Nicolás de Valencia podemos concluir que existe una moderada contaminación microbiológica del aire y de las superficies de las pinturas murales. Esta contaminación microbiológica se correlaciona por un lado con las condiciones termohigrométricas de la iglesia, y por otro lado con los procesos de limpieza realizados que han conllevado a la eliminación de los restos orgánicos presentes en las pinturas y estucos (Montes, R., Bosch. P, 2015).

Como hemos visto a lo largo del trabajo de investigación, se ha comprobado que durante el periodo de estudio no se han dado las condiciones de condensación sobre la superficie de los frescos. Con un bajo porcentaje de humedad relativa en zona de riesgo de crecimiento biológico ($HR > 65\%$ en periodo estival), la ausencia de agua por otros fenómenos, unido a la actual intervención de limpieza y restauración de los frescos que elimina restos orgánicos y contaminantes, se estima que el riesgo de crecimiento biológico sobre la superficie de las pinturas es muy bajo.

Control de partículas en suspensión.

El control de las partículas en suspensión se realizó mediante un Contador de Partículas móvil: Airy Technology P311. Este equipo es capaz de muestrear simultáneamente y en función del tiempo la presencia de partículas de tres tipos de tamaño diferente: $0,3 \mu\text{m}/\text{m}^3$; $0,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ y $5,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$. Este control se ha realizado mensualmente, mediante la toma de muestras en 17 puntos (los mismos que en el control microbiológico del aire): 6 puntos en la planta baja, 8 puntos en el andamio y 3 puntos en el exterior de la iglesia.

De los conteos realizados observamos valores medios de PM muy variables en función del tipo de partícula estudiada (figura 5.106, izquierda). Los valores más elevados los encontramos en las partículas de menor tamaño $0,3 \mu\text{m}/\text{m}^3$, seguidas por las partículas de tamaño $0,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$, y los valores menores los encontramos en las partículas de mayor tamaño $5,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$.

Si hacemos la comparativa entre el exterior de la iglesia y las dos zonas del interior de la iglesia estudiadas: el andamio y la planta baja (ver figura 5.106 derecha) observamos de nuevo como los valores de PM son muy variables entre los 3 espacios estudiados. No parece que haya una relación directa entre la cantidad de partículas en suspensión en el interior y en el exterior de la Iglesia. Esto puede ser debido a que las tomas de muestra se realizaron mientras se estaban llevando a cabo las diferentes acciones de restauración de la Iglesia, que conllevan en muchos casos un aumento y levantamiento de partículas en suspensión.

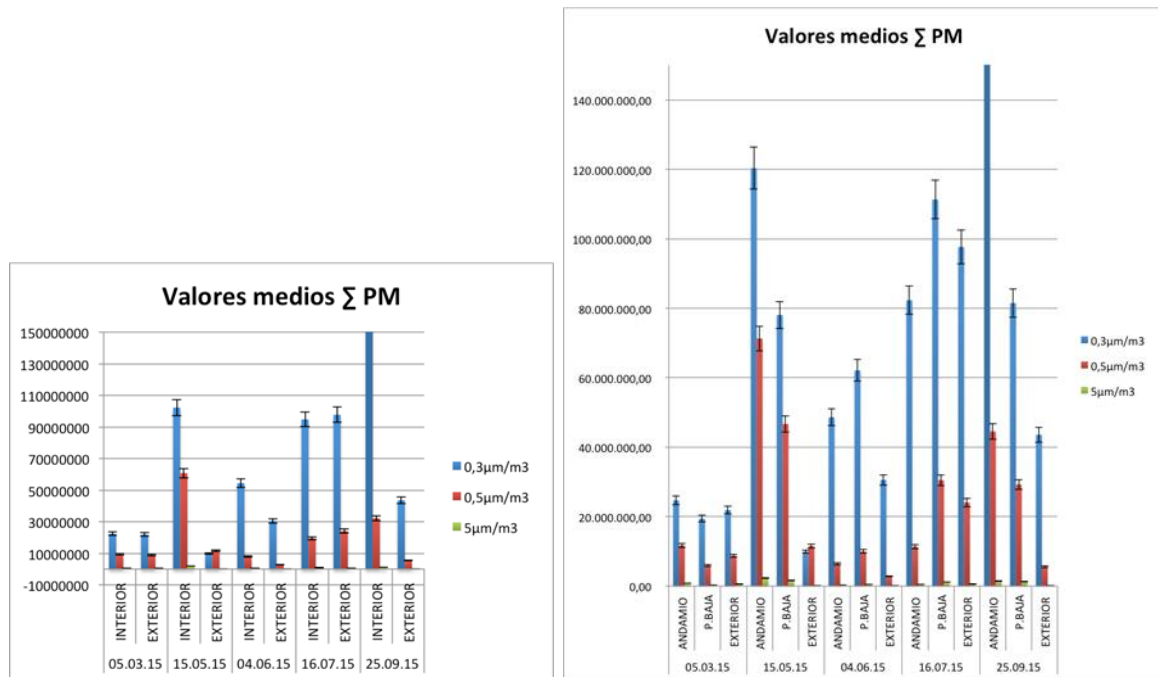
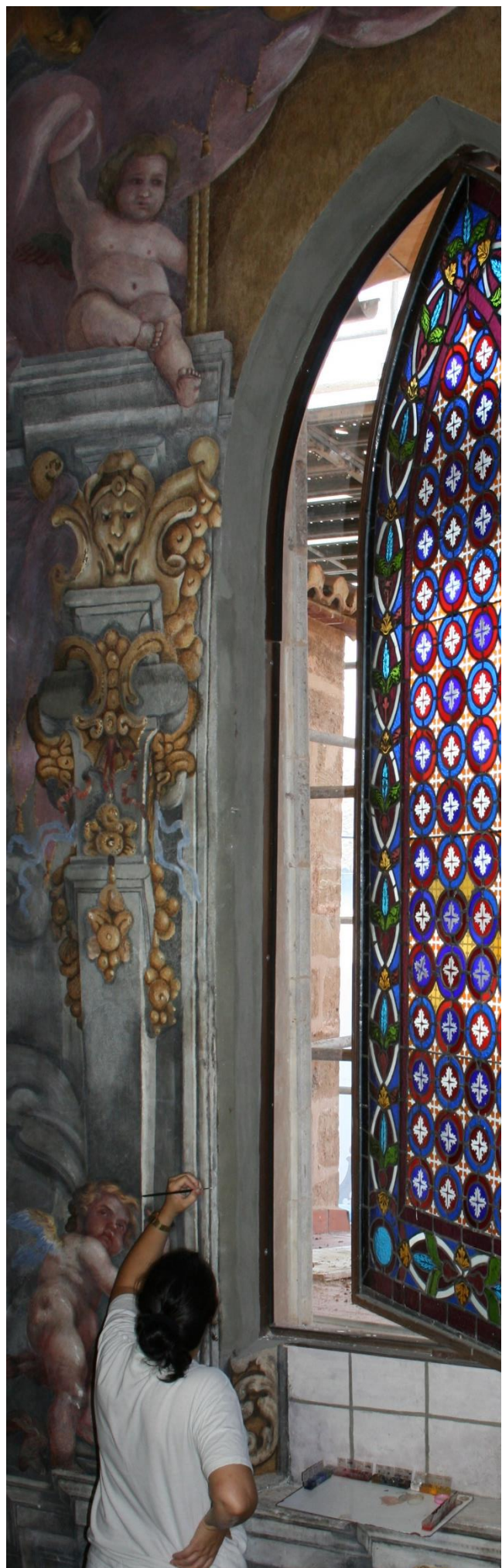


Figura 5.106. Valores promedio de PM. Comparación Interior y exterior, y según niveles de andamio en el interior. Iglesia de San Nicolás. (Fuente equipo de investigación condiciones ambientales).

Respecto a la deposición de partículas, estamos ante la presencia de gran parte de los factores físicos de riesgo durante periodos de tiempo determinados, de gran afluencia de feligreses. Cabe añadir que las tareas de rehabilitación que se están realizando de forma paralela en la bóveda de la nave central, paramentos, pilastras, suelos, capillas, etc., unidas al uso diario fuera de la pauta habitual (por la presencia de entre 30 y 40 profesionales en el interior de la nave), hace que la cantidad de partículas presentes en el aire sea muy elevada y la variabilidad microclimática sea todavía más acentuada.

CONCLUSIONES.



La acción de Prevención debe asegurar la buena Conservación del Patrimonio Histórico analizado. La investigación y el control de las causas del deterioro de los Bienes Culturales debe ser continuado en el tiempo para que, una vez intervenida la obra, no vuelvan a repetirse en el medio plazo los efectos devastadores del ambiente degradado. Como sucede en todas las disciplinas científicas, los procedimientos de investigación propuestos, deben ser de utilidad para alcanzar de forma exitosa los objetivos fijados.

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, en el caso de la Conservación y Restauración del Patrimonio, el principio rector de la metodología debe ser “*el conocer para intervenir*”. Este conocimiento debe partir de la multidisciplinariedad en las investigaciones, tal y como se han desarrollado en los dos grandes proyectos de intervención que han sido expuestos en esta Tesis. Los intentos de detener o combatir los procesos de deterioro de los Bienes Culturales sin identificar, evaluar y suprimir las causas que los provocan, no tienen garantías de éxito.

Para entender completamente el comportamiento higrotérmico de un edificio histórico, es importante comprender el microclima interno y sus relaciones con el ambiente exterior, analizando el conjunto en términos de ciclos estacionales y de fluctuaciones breves, ya sean horarias, diarias o mensuales. Es imposible definir valores óptimos de los parámetros termohigrométricos que alcancen la evaluación de todos los materiales y todos los lugares.

En los últimos años se han definido varias metodologías y la búsqueda de valores ideales de temperatura y humedad relativa ha dado paso a nuevas normativas como por ejemplo la norma italiana UNI 10829:2010, donde los enfoques dinámicos son predominantes. Las metodologías presentadas en normas españolas encabezadas por la UNE-EN 15757 y la especificación americana de ASHRAE (museos, galerías, archivos y bibliotecas) ofrecen una visión revisada de viejos conceptos y “cifras mágicas” tomadas como dogma durante muchos años.

A pesar de la estandarización, es todavía escasa la literatura sobre análisis ambientales de edificios históricos en climas templados y la norma EN 15757 no parece a priori adecuada para ser utilizado en todo tipo de climas. En este trabajo hemos aplicado las recomendaciones de esta normativa al clima interior de dos edificios históricos representativos, la Basílica de la Virgen y la Iglesia de San Nicolás, los dos en la ciudad de Valencia. Se ha realizado una exhaustiva comparación de los datos obtenidos, atendiendo a las importantes diferencias tanto constructivas como de uso de los dos templos.

El análisis de los resultados obtenidos muestra que la norma EN 15757, aunque presenta un enfoque demasiado rígido, ya que fue desarrollada en base a edificios en climas fríos, que tienen otras peculiaridades y necesidades (clima extremo, calefacción intermitente, etc.), sí resulta aplicable a los casos estudiados, atendiendo a las grandes fluctuaciones breves de los parámetros ambientales observados. Se procede además a realizar una modificación del método de aplicación de los estándares, para intentar adecuarlos a las características de la Iglesia de San Nicolás, no obteniendo ninguna mejora respecto a la normativa original.

A lo largo de los años, hemos sistematizado los procesos de implantación de monitorizaciones ambientales, desde la instalación de los sensores, pasando por la adquisición de datos y análisis de los mismos, todo ello para facilitar el diagnóstico de los riesgos a los que está sometido el Bien Cultural. Como se ha indicado en el desarrollo del trabajo, una de las partes fundamentales del método es la transferencia de resultados, para convertir el trabajo de investigación e intervención en un proceso valioso, que pueda proporcionar bases sólidas al resto de áreas. Por ello, el lenguaje claro y adecuado para la comprensión por parte de los diversos técnicos y profesionales es de vital importancia.

Una de las aportaciones más interesantes de este trabajo de investigación, es la depuración del método de análisis, con la elaboración de diversas plantillas informatizadas mediante hoja de cálculo, fácilmente reproducibles empleando

datos de otros proyectos. La fuente de estos datos puede ser variada, desde los sistemas de monitorización de museos, proyectos de intervención en edificios históricos, etc., hasta datos procedentes de unidades portátiles de adquisición de datos, fácilmente ubicables en zonas de interés.

En los dos casos estudiados, el ennegrecimiento de las pinturas murales puede ser disminuido reduciendo los procesos de deposición de partículas, así como la concentración de las mismas suspendidas en el aire. Para evitar dichos efectos podemos actuar sobre el nivel térmico, manteniendo al mismo tiempo la humedad relativa deseada y reduciendo la diferencia térmica entre la pared y el aire. Todo esto resalta la importancia de mantener unas condiciones termohigrométricas estables, tanto en el aire ambiente como en la estructura. El aumento de la concentración de contaminantes así como la asistencia de visitantes, luces encendidas, polvo, etc. provocan una profunda modificación microclimática. Un ejemplo claro de esta modificación es la acción de la afluencia masiva de visitantes y feligreses, tal y como hemos analizado en ambos casos, tanto en festividades señaladas de la Basílica de la Virgen, como “los lunes de San Nicolás”.

El estudio ha revelado que hay ciclos diarios y estacionales bien definidos, siendo los primeros los más peligrosos por estar influenciados directamente por la masiva afluencia de visitantes y feligreses, apertura de puerta y ventanas y el encendido de los sistemas de iluminación los días más señalados. Estos factores son los responsables del aumento de la humedad específica en los ambientes interiores, el riesgo de evaporación y condensación en los microporos de las superficies pictóricas, la deposición de partículas y del riesgo de crecimiento biológico cuando hay suficiente humedad.

Con el empleo de variables psicrométricas calculadas a partir de los datos del sistema de monitorización, se ha comprobado que durante el periodo de estudio no se han dado las condiciones de condensación sobre la superficie de los frescos en ninguno de los casos estudiados. En el caso de San Nicolás, con un bajo porcentaje de humedad relativa en zona de riesgo (en periodo estival), la ausencia de agua por otros fenómenos, unido a la intervención de limpieza y restauración de los

frescos, eliminando restos orgánicos y contaminantes, se estima que el riesgo de crecimiento biológico sobre la superficie de las pinturas es muy bajo. Todos estos datos deben ser empleados por biólogos y conservadores para determinar si durante el periodo de intervención se han reproducido fenómenos de biodeterioro, y disponer de más elementos de valoración para etapas posteriores.

Respecto a la deposición de partículas, en los casos estudiados estamos ante la presencia de gran parte de los factores físicos de riesgo durante periodos de tiempo determinados por la gran afluencia de feligreses. Añadir que las tareas de rehabilitación que se están realizando en San Nicolás, de forma paralela, en la nave central (capillas, pilastras, suelos, etc.), unido al uso diario fuera de la pauta habitual, con la presencia de entre 30 y 40 profesionales en el interior de la nave, hace que la variabilidad microclimática sea todavía más acentuada.

Como ha quedado probado, las condiciones termohigrométricas del ambiente de las zonas centrales de ambos templos afectan de forma directa a las evoluciones térmicas de la superficie de los frescos. La existencia de una cámara de aire entre la cubierta exterior y las estructuras soporte de las pinturas proporciona un aislamiento casi perfecto respecto de las condiciones atmosféricas exteriores, mucho más bruscas que las que se desarrollan en el ambiente interior. Podemos asegurar que tanto en períodos fríos como calurosos, el efecto del espacio entre cubiertas y techos (cúpula y bóveda) es de gran importancia para el mantenimiento de los niveles de temperatura estables de los frescos.

En el caso de San Nicolás, el resto de elementos arquitectónicos también poseen una importante capacidad para amortiguar las oscilaciones del ambiente exterior, manteniendo una cierta estabilidad de los parámetros ambientales durante los ciclos diarios, la mayor parte de los días de la semana. Por otro lado, esta estabilidad puede llegar a aumentar los riesgos de condensación y de crecimiento y proliferación de microorganismos, ante la ausencia de ventilación. Pueden darse estas circunstancias durante el periodo primaveral, cuando la temperatura de los

frescos y paramentos es todavía baja y la humedad relativa comienza a alcanzar niveles altos entre el 65% y 70%.

La presencia de agua en muros y más concretamente en los frescos provoca una serie de consecuencias destructivas. Al humedecerse el material las sales que contienen se disuelven en el agua y son transportadas por ella en su movimiento a través del sistema poroso del material, quedando depositadas frecuentemente en su superficie por efecto de la evaporación del agua. Estas sales, por aporte de agua, pueden llegar a disolverse nuevamente con mayor o menor facilidad.

En el proceso de hidratación-deshidratación, los cristales, generalmente, varían de volumen. Si este proceso se realiza en la superficie del material estamos ante la presencia de eflorescencias, que se presentan como manchas blanquecinas, si no es así y tiene lugar el proceso en el interior de los poros, el fenómeno se llama criptoflorescencias. Esta situación es la más nociva, pues la presión que se origina en las paredes de los poros pueden producir la rotura microestructural del material, transformándolo en un producto pulverulento. A veces se acompaña también este fenómeno con descamaciones o deplacaciones.

Tal y como se indica en los Estudios previos para la restauración de las pinturas murales y revestimiento ornamental de la nave central de la Iglesia Parroquial de San Nicolás (junio 2013), el hecho de adaptar la estructura de bóvedas góticas como soporte directo de los frescos, supuso el desigual tendido de un *arricio* o revoque interno de yeso que tuvo que reducir los volúmenes de las molduras de nervios y claves. Esta situación con importantes grosores de argamasa ha facilitado la fractura de estos estratos incluyendo la película pictórica ante cualquier movimiento estructural.

Existe por tanto un importante riesgo latente sobre la falsa bóveda estucada debido a la presencia de estos morteros de yeso. Los morteros de yeso presentan grandes inconvenientes respecto de los de cal, ya que el yeso es un compuesto relativamente soluble en agua. Por esta razón, la infiltración de agua de lluvia produce graves daños en paramentos y cubiertas que contengan morteros de unión o revestimientos a base de este material.

En el caso de la Iglesia de San Nicolás, el yeso, componente casi único de los enfoscados, se convierte en el principal enemigo de los enlucidos de cal y arena cuando el agua se difunde entre ellos. (Regidor, J.L., Osca, J. Soriano, P. 2015).

Solventado el problema de entrada de agua por la cubierta con la intervención de rehabilitación realizada, y efectuada la restauración completa de las pinturas, es imprescindible verificar la eficacia, mediante un seguimiento durante los próximos años de estas zonas, para descartar la aparición de nuevo de eflorescencias-criptoflorescencias salinas en las superficies. La intensa movilización de sales en los materiales, provocada por las infiltraciones y su permanencia durante largos periodos de tiempo, aumentan la higroscopicidad de los morteros y en consecuencia el riesgo de inestabilidad de los frescos frente a niveles no demasiado elevados de humedad relativa (65%).

Analizados los periodos favorables para la aparición de cristales de yeso, se observa como las fluctuaciones de HR de más riesgo se producen principalmente durante los meses de julio, agosto y septiembre tanto de 2014 como de 2015, existiendo algún pequeño periodo en noviembre y marzo de 2014. Aunque en las pinturas el efecto ha sido más destructivo desde el punto de vista conservativo, la aparición de sales en los demás elementos ornamentales tiene los mismos problemas, efectos y consecuencias.

La campaña de medidas realizada ha puesto de manifiesto la variabilidad microclimática en el interior de los dos templos analizados, especialmente en la Basílica de la Virgen, debida a la gran cantidad de factores que colaboran en el aporte de carga térmica y de humedad, provocando la alteración del ambiente y de la cantidad de partículas suspendidas en la atmósfera interna. Esto resulta evidente observando la notable diferencia entre los parámetros ambientales verificados cuando no hay presencia de visitantes en el interior y cuando la Basílica está abierta al público. Tales alteraciones alcanzan niveles preocupantes especialmente si consideramos la alta frecuencia de los oficios religiosos.

Para evitar variaciones temporales o espaciales de los parámetros ambientales, se debe aplicar como primera medida, acciones pasivas que incluyen por ejemplo: el

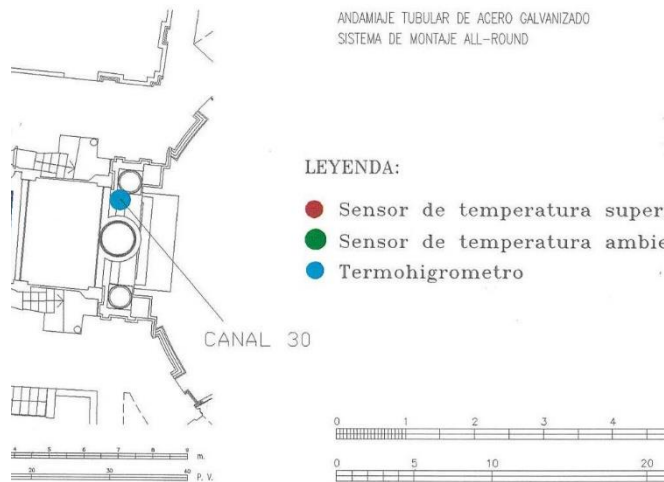
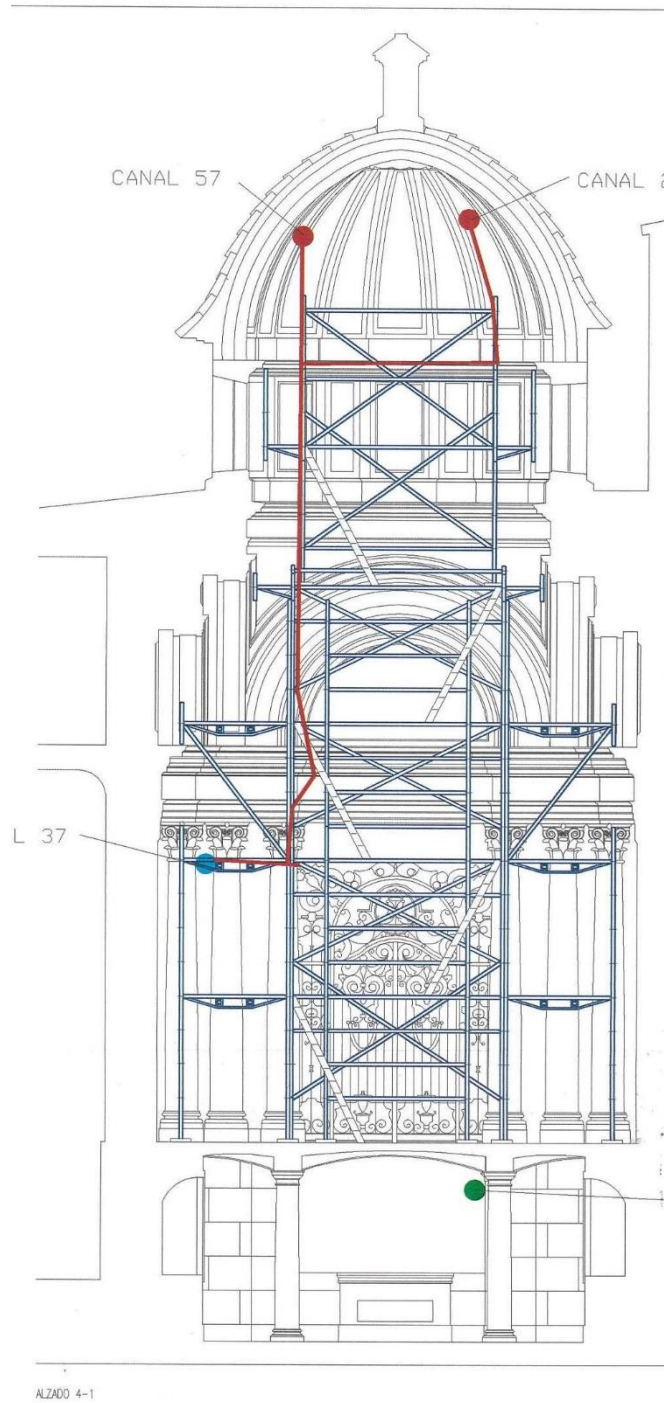
aislamiento térmico, uso de materiales y estructuras con alta inercia térmica e higrotérmica, limitación de intercambio sin control de calor y humedad, filtrado de la radiación solar y sustitución de las fuentes de luz no eficientes. Estos últimos elementos pueden alterar profundamente las condiciones termohigrométricas del ambiente y de los materiales. Las fuentes de luz pueden además desencadenar flujos de aire por convección, que conducen a un aumento de la deposición de partículas y el ennegrecimiento de las superficies.

Los sistemas activos de acondicionamiento ambiental sirven para eliminar los ciclos diarios y minimizar los efectos estacionales. Los equipos deben disponer de un riguroso control para minimizar las fluctuaciones debidas al calor sensible y latente aportado por la presencia de visitantes, la iluminación y la entrada de aire incontrolado por puertas y ventanas. Estos sistemas deben diseñarse además para evitar que los movimientos de aire inducidos, no sean causantes de la deposición de partículas, gases y aerosoles presentes en el medio ambiente. Debemos tener en cuenta que los requisitos normales de climatización para el confort térmico, puede entrar en conflicto con los de la conservación de los Bienes Culturales, siendo necesario llegar a un equilibrio.

Para poder perpetuar la imagen artística de los monumentos sería necesario emprender acciones de conservación y conocer la situación en todo momento. Es recomendable que las mediciones no se interrumpan y la periodicidad de las mismas sea suficiente para asegurar la fiabilidad de las conclusiones y acciones tomadas.

Por último recordar que esta Tesis se ha planteado como una investigación descriptiva, con los objetivos previamente delimitados y el método planificado atendiendo a las experiencias de campo realizadas en proyectos singulares de intervención del Patrimonio Histórico-Artístico. Concluyo deseando que este trabajo sea el punto de partida para nuevas líneas de investigación sobre la Conservación Preventiva del Patrimonio Cultural.

BIBLIOGRAFÍA



ACCARDO, G., VIGLIANO, G., "Strumenti e materiali del restauro. Metodi di analisi, misura e controllo." Edizioni Kappa.

Actas del Congreso Internacional de Eficiencia Energética y Edificación Histórica / Proceedings of the International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings (Madrid, 29-30 Sep. 2014). Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014.

Actas del Congreso Internacional "La cappella Sistina venti anni dopo. Nuovo respiro nuova luce. Roma 30-31 octubre 2014. Governatorato SCV.

ASHRAE. 1999, 2003, 2007. Museums, Galleries, Archives, and Libraries. A chapter in ASHRAE Handbook HVAC Applications. American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers.

ASTM 1999, *Annual Book of ASTM Standards Section 14: General Methods and Instrumentation: Temperature Measurement* (Annual Book of AS T M Standards Volume 14 03), ASTM Intl, Vol 14.

BLADES, N. ORESZCZYN, T. BORDASS, W., y CASSAR, M. (2000): Guidelines on pollution control in heritage buildings. Londres: The Council for Museums, Archives and Libraries.

BOLÍVAR GALIANO, F. C. Y J. GARCÍA ROWE (1994). "Biodeterioro en la fuente del claustro principal del hospital de San Juan de Dios (Granada)". Cuad. Art. Gr. N° XXV, pp. 197-205.

BOSCH, I., ROIG, P. et al.: "Recuperación integral de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia." Tomo II, Investigación pictórico-escultórico-ornamental. Valencia, 1994.

BOSCH, I. et al.: "Recuperación integral de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia." Tomo I, Investigación arquitectónica. Valencia, 1994.

BOSCH REIG I., ROIG PICAZO P., DOMÉNECH CARBÓ M.T. (1995) *Etude scientifique interdisciplinaire des peintures murales de la Basilica de la Virgen de los Desamparados de Valencia en Espagne*. En: Actes du Congrès LCP. Conservation et restauration des biens culturels. Montreux.

ROIG PICAZO, P., BOSCH REIG I. (2007): Restauración de Pintura Mural Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Editorial UPV.

BOSCH ROIG, P. (2011) *Caracterización del biodeterioro y desarrollo de nuevos tratamientos de limpieza aplicables a los frescos restaurados de Antonio Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Editorial UPV.

CALVO, ANA M.^a. (1996). El proyecto y la investigación previa en las intervenciones de restauración: la ermita de la Magdalena, Castellón. En: Actas del XI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Castellón, p. 1019-1026.

CHAMBERS, J. M., WILLIAM S. BEAT. KLEINER, P. A. TUKEY. (1983): *Graphical Methods for Data Analysis (Statistics)*. Ed. Chapman and Hall/CRC.

CAMUFFO D. y BERNARDI A. (1995) *Study of the microclimate of the Hall of the Giants in the Carrara Palace in Padua*. En: *Studies in Conservation* 40 p. 237-249.

CAMUFFO D., STURARO G., VALENTINO A. y CAMUFFO M. (1999) *The conservation of artworks and hot air heating systems in churches: are they compatible? The case of Rocca Pietrore, Italian Alps*. En: *Studies in Conservation* 44 p. 209-216.

CAMUFFO D., BERNARDI A., STURARO G. y VALENTINO A. (2002) *The microclimate inside the Pollaiuolo and Botticelli romos in the Uffizi Gallery Florence*. En: *Journal of Cultural Heritage* 3. p. 155-161.

CAMUFFO D. y STURARO G. (2001) *The climate of Rome and its action on monument decay*. En: *Climate research*, vol 16, p. 145-155.

CAMUFFO, D., "Condensation-evaporation cycles in pore and capillary systems according to the kelvin model." *Water, Air and Soil Pollution* 21 (1984), pp. 151-159.

CAMUFFO, D., BERNARDI, A. (1986). "Dinámica del microclima e scambi termohigrometrici tra pareti e atmosfera interna nella Cappella Sistina". CNR-ICTR, Corso Stati Uniti, Padova.

CAMUFFO D., BERNARDI, A.: The microclimate of the Sistine Chapel. Associazione Geofisica Italiana (AGI) *BOLLETTINO GEOFISICO* 18 Numero 2 Aprile - Giugno 1995.

CAMUFFO, D., STURARO, G. y VALENTINO, A. Thermodynamic exchanges between the external boundary layer and the indoor microclimate at the basilica of Santa Maria Maggiore, Rome, Italy: the problem of conservation of ancient works of art. *Boundary-Layer Meteorology* 1999, 92, 243-262.

CAMUFFO, D., ADRIANA BERNARDI, F. BECHERINI, E. PAGAN, y R. A. LEFÈVRE. 2005. Micro-climate measurements in the Cour Marly, Louvre Museum. In *Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-Destructive Testing and Micro-Analysis*, eds. René van Grieken, and Koen H. A. Janssens, 127–33. Rotterdam: A.A. Balkema.

CANEVA G., NUGARI M.P., SALVADORI O. (1994) Libro: *La biología en la Restauración*. Editorial NEREA SA. Junta de Andalucía-Consejería de Cultura IAPH. Arte y Conservación.

CANEVA G., NUGARI M.P., SALVADORI O. (2005) Libro: *La biología Vegetale per i beni culturali. Vol I. Biodeterioramento e Conservazione*. Nardini Editore.

CARRIER. Paolucci, A., Da Costa, D. Catálogo: "El Arte de lo invisible". Carrier 2014.

CHAPMAN, A.J., "Transmisión del calor Nº3." Edit. Bellisco. Madrid 1990.

COLALUCCI, G. "Relazione sul restauro della volta della Sala Paolina" in Gli affreschi di Paolo III a Castel S. Angelo 1543-1548 - Progetto ed esecuzione – Roma 1981

COLALUCCI, G. (1999) *El fresco en sus variantes técnicas, desde la época Romana hasta el siglo XVIII*. En libro: Restauración de Pintura Mural aplicada a la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia 1999/2000. P. Roig Picazo y I. Bosch Reig Eds. ISBN: 84-7721-830-7. p. 173-178.

COLALUCCI, G. DE VECCHI, P. (1995), "La Capilla Sixtina redescubierta", Vol. 1, 2, 3 y 4. NIPPON TELEVISION NETWORK CORPORATION, TOKYO.

COLALUCCI, G. "Lo stato di conservazione degli affreschi di Michelangelo nella volta della Cappella Sistina e l'intervento di Restauro" in Michelangelo la Cappella Sistina vol. II Il rapporto sul restauro della volta. Novara 1994.

COLALUCCI, G. "Il restauro" in La Cappella Sistina. Milano 1996.

COLALUCCI, G. "La tecnica pittorica - Lo stato di conservazione - Il restauro" in Michelangelo. La cappella Sistina Vol. I, Rapporto sul restauro del Giudizio Universale. Novara 1999.

COLALUCCI, G. "La tecnica dell'affresco di Altichiero e l'organizzazione del cantiere in Altichiero da Zevio nell'Oratorio di San Giorgio, il restauro degli affreschi". Roma 1999.

COLALUCCI, G. "Io e Michelangelo". Edizioni Musei Vaticani – 24 ORE Cultura Città del Vaticano – Milano 2015

DE GUICHEN, GAËL y DE TAPOL, BENOIT. (1998) Climate Control in Museums. ICCROM, Roma.

PHENIX, A. y BURNSTOCK, A. "The Removal of Surface Dirt on Paintings with Chelating Agents" in The Conservator 16 (1992): 28-37.

GARCÍA ROWE J. Y C. SÁIZ JIMÉNEZ (1991). "Colonización y alteración de la piedra por líquenes, briofitos y plantas superiores en las catedrales de Salamanca, Sevilla y Toledo". Jornadas sobre Restauración y Conservación de monumentos. I.C.R.B.C. Ministerio de cultura, pp. 71-79.

GARCIA OCEJO, C. "Carrier acondiciona la Capilla Sixtina", El Instalador, nº 288-Junio 1993.

GÓMEZ, A.; CZAJKOWSKI, J. (2006) Modelización Bioambiental aplicada a la Conservación de Bienes Culturales. Caso Provincia de Buenos Aires. Argentina. ENTAC 2006. Pág. 440 a 445. Porto Alegre, Brasil. Editorial: ANTAC.

GÓMEZ RODRIGO, M. (1998). "Restauració del retaule major de la Catedral de Valencia". Direcció General de Promoció Cultural, Museus i Belles Arts, 1998.

GÓMEZ RODRIGO, M. (1998). "Las pinturas quemadas de la Catedral de Valencia". Archivo de Arte Valenciano, 1995. Año LXXVI, Número único. Págs. 3-10

GÓMEZ RODRIGO, M. (1995). "*Hallazgo y restauración de un retablo gótico valenciano*". Libro de Actas: IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Sevilla, 1992. Págs. 164-169

GROSSI, CM. P. BRIMBLECOMBE, B. MENÉNDEZ, D. BENAVENTE y I. Harris Climatología de las transiciones de sal y las implicaciones para la piedra intemperie Ciencias del Medio Ambiente (2011)

HUECK, H.J. (1965) *The Biodeterioration of materials as part of hylobiology*. En Mater or.1 (1) p. 5-34

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO, "2ª Conferenza internazionale sulle prove non distruttive, metodi microanalitici e indagini ambientali per lo studio e la conservazione delle opere d'arte." Vol. I y II. Perugia 1988.

LANKESTER, P. Y BRIMBLECOMBE, P., "Clima termohigrométrico futuro dentro de las casas históricas ", Revista de Patrimonio Cultural 12 (2012) p1-6.

MAEKAWA, S., AND F. TOLEDO. 2003. Sustainable climate control for historic buildings in subtropical climates. Management of Environmental Quality: An International Journal 14(3): 369-82.

MARINO, S. "Relazione illustrative degli impianti di climatizzazione a servizio della Cappella Sistina". Governatorato, Direzione Generale dei Servizi tecnici. Servizio dei laboratori e impianti. 3 Maggio 1993.

MATTEINI, M., MOLES, A. "Ciencia y restauración, métodos de investigación." Ed. Nardini 1984.

MICHALSKY S. (2009) *Los niveles ABC para la evaluación de riesgos en las colecciones museísticas e información para interpretar los riesgos derivados de una incorrecta Humedad Relativa y Temperatura*. Instituto Canadiense de Conservación, Notas del Seminario, Madrid.

MICHALSKI, S. 1998. Climate control priorities and solutions for collections in historic buildings. *Historic Preservation Forum* 12(4): 8-14.

MICHALSKI, S. 1999. Setting standards for conservation: New temperatura and relative humidity guidelines are now published/Normes de conservation: Publication de nouvelles directives sur la température et l'humidité relative. *CCI Newsletter/Bulletin de l'ICC* (24): 3-4.

MICHALSKI, S. 2000. Guidelines for Humidity and Temperature for Canadian Archives. Technical Bulletin 23. Ottawa, Ontario: Canadian Conservation Institute.

MICHALSKI, S. (2002): "Relative humidity specifications for museums, galleries and archives: specification and control. Building Envelope Council Ottawa Region. Ottawa.

MICHALSKI, S. (1998): Climate control priorities and solutions for collections in historic buildings. ICCROM, Historic Preservation Forum.

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, J. 2014. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía. *Investigaciones Geográficas*. 2014, 62: 83-99.

MONTES ESTELLÉS R.M. (1996) *Estudio de la contaminación microbiológica en el patrimonio artístico de la real basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia*. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia, ETSIA.

OSCA, J., REGIDOR, J.L., VIVÓ, E., y otros: Informe sobre el estado de conservación y proceso de restauración de las pinturas murales de la capilla de San Vicente de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. U.P.V. Enero 1995 y Noviembre 1996. Sin publicar.

PALOMINO A. (1947). Libro: *Museo Pictórico y escala óptica*. Madrid, Aguilar S.A. de Ediciones 1947, 1988.

PÉREZ CUEVA, A.J., 1994. *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana*. Generalitat Valenciana. Valencia. 205 pp.

PADFIELD, TIM. 1987. The dangers of installing air conditioning in historic buildings. In *Old Cultures in New Worlds: Washington, District of Columbia, United States of America, October 10-15, 1987: Symposium Papers/Cultures Anciennes Dans Les Mondes Nouveaux: Washington, District of Columbia, Etats-Unis D'Amérique, 10-15 Octobre 1987: Communications Du Colloque*, 432-39. Washington, DC: ICOMOS United States Committee.

PADFIELD, T., "The control of Relative Humidity and air pollution in show-cases and picture frames.", 1966

PINAZO OJER, J.M. "Transformaciones y cargas térmicas en instalaciones de aire acondicionado." Valencia, 1994. Editorial U.P.V.

PINAZO OJER, J. M., TORRELLA ALCARAZ, E. *Transferencia de calor*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 1988.

PINAZO OJER, J. M., *Fundamentos de climatización*. Editorial Atecyr. Instituto Eduardo Torroja. 2010.

REGIDOR ROS J.L., PALUMBO M., GÓMEZ G., CLAVEL I. (2006) *Restauración y solución propuesta para la exposición de los fragmentos conservados en la bóveda*

de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia. En: ARCHÉ Publicación del Instituto Universitario de Restauración del patrimonio de la U.P.V. Vol I

REGIDOR ROS J.L., DELHOM SOLAZ S., VALCARCER ANDRÉS J., ZALBIDEA MUÑOZ M.A. SORIANO SANCHO P. (2008) *Transferencia de impresión inkjet, una herramienta para la reconstrucción pictórica de faltantes*. En: ARCHÉ. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del patrimonio de la U.P.V. Vol3.

ROIG PICAZO, P. (2007) "*Evolución de los diversos Proyectos de Restauración de las pinturas murales de la bóveda de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia*". En libro: *Restauración de Pintura Mural Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Editorial UPV".

ROIG PICAZO, P. BOSCH, P. MONTES, R. REGIDOR, J. RANALLI. (2012). "New frontiers in the microbial bio-cleaning of artworks. The picture restorer. The journal of the british association of paintings conservator-restorers. Vol-41, pp 37-41.

ROIG PICAZO, P., REGIDOR, J., MADRID, J. MARCENAC, BOSCH, L, MARCENAC, V. (2015). "The church of San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir in Valencia; preliminary studies and initial results of the restoration of the decorations. Disegnare idee immagini". Julio 2015, pp 82-91. Nº 50.

ROIG PICAZO, P. et al. (2013). "Estudios previos para la restauración de las pinturas murales y revestimiento ornamental de la nave central de la Iglesia Parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia. Sin publicar.

ROIG PICAZO, P. (2005). "Estudio técnico, analítico y estilístico de obras de arte". SPUPV.

ROIG, P., BOSCH, I. y otros: " Restauración de pintura mural aplicada a la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia 1999-2000." Universidad Politécnica de Valencia SPUPV-99.2021

SABBIONI, C. PETRER BRIMBLECOMB. *El atlas de los efectos del cambio climático sobre el patrimonio cultural europeo: El análisis científico y las estrategias de gestión* No. 19. Himno Press, (2010). p 18 y p 117

THRELKELD, J. L., "Ingeniería del ámbito térmico." Edit. Prentice Hall International. Madrid 1973 ISBN-0-13-464792-0

VAILLANT C.M. y VALENTÍN N. (1996) *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*. En: Monografías del Ministerio de Educación y Cultura. España.

VAILLANT M.; PÉREZ C. y VICENTE S. (2000) *Algunas experiencias en el desarrollo e implementación de una estrategia de Conservación preventiva*. En: Actas del XIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Lleida, 18-22 de octubre de 2000, p. 51-62.

VAILLANT M., DOMÉNECH M. T. y VALENTÍN N. (2003) Libro: *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural*. Ed.UPV. I.S.B.N: 84-9705-420-2.

VALCÁRCEL ANDRÉS J., OSCA J. (2007). *La técnica Pictórica de Antonio Palomino en pintura mural al fresco*. En: libro Restauración de Pintura Mural. Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Editorial UPV.

VIVÓ SORIA E., PINAZO OJER J. M., ROIG PICAZO P. y BOSCH REIG I. (1996) *Análisis termohigrométrico de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia*. En: II Congreso nacional de medio ambiente. Comunicaciones Técnicas, segundo libro. Madrid.

VIVÓ SORIA E. (1995) *Estudio de las condiciones termohigrométricas y proyecto básico de climatización de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia*. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Valencia. UPV.

VIVÓ, E. MONTES, R.M., SEGARRA, F. (1994) y otros: " El análisis medioambiental de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia. Control termohigrométrico, contaminación atmosférica y Biológica." Actas del X Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Cuenca, 1994. pp 617-635.

VIVÓ, E., BOSCH, P., et al. (2016). Monitorización de las condiciones medioambientales durante la restauración de la iglesia de San Nicolás. Congreso REHABEND 2016. Pendiente de publicación.

WEYER, A., ROIG PICAZO, P., POP, D., CASSAR, J., ÖZKÖSE, A., VALLET, J.M., SRŠA, I. (2015). EwaGlos. European illustrated glossary of conservation terms for wall paintings and architectural surfaces. Edited by: Editorial: MICHAEL IMHOF VERLAG. 2015. Hornemann Institut. 448 páginas.

ZALBIDEA MUÑOZ M.A., SORIANO SANCHO P., DEL VALLE BARTOLOMÉ P. y ROIG PICAZO P. (2008) *Lunetos de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia: Proceso de Intervención*. En: Preprints of the Papers to the Congress: 17th International Meeting on Heritage Conservation. Castellón-Vila-Real-Burriana. 20-22 noviembre 2008. p. 673-677.

ZALBIDEA, M. A. (2007). Principales causas de alteración de las pinturas murales [CDROM]. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Plan Nacional de Conservación Preventiva 2011

VV. AA. (2011): Plan Nacional de Conservación Preventiva. Madrid: IPCE, Ministerio de Cultura, marzo 2011.

VV. AA. (2009): Normas de conservación preventiva para la implantación de sistemas de control de condiciones ambientales en museos, bibliotecas, archivos, monumentos y edificios históricos. Informe interno n.ºreg. CP-0921. Madrid: Archivo General del IPCE, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Normativa específica. Internacional, europea y nacional.

AENOR (2011): Conservación del patrimonio cultural. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para minimizar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos. UNE-EN 15757. Madrid: AENOR.

AENOR (2011): Conservación del patrimonio cultural. Procedimientos e instrumentos para la medición de las temperaturas del aire y de las superficies de los objetos. UNE-EN 15758. Madrid: AENOR.

AENOR (2012): Conservación del patrimonio cultural. Clima interior. Parte 1: Recomendaciones para la calefacción de iglesias, capillas y otros lugares de culto. UNE-EN 15759-1. Madrid: AENOR.

AENOR (2012): Conservación del patrimonio cultural. Principales términos generales y definiciones. UNE-EN 15898: Madrid: AENOR.

AENOR (2006): Comportamiento higrotérmico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 1: Medias mensuales de elementos meteorológicos simples. UNE-EN ISO 15927-1. Madrid: AENOR

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

AENOR (2009): Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistema de gestión de los ambientes interiores. UNE 171330-2. Madrid: AENOR.

UNE-ISO 16000-6:2006 Aire de interiores. Parte 6: Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire de interiores y de cámaras de ensayo mediante muestreo activo con adsorbente.

AENOR (1995): Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos. UNE-EN 27726. Madrid: AENOR. Ministerio de la vivienda (2009): Código técnico de la edificación: Documento básico salubridad. Calidad del aire interior. DB-HS3. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Ministerio de la Vivienda (2009): Código técnico de la edificación: Documento básico ahorro de energía. Rendimiento de las instalaciones térmicas. DB-HE2. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

prEN 16095 Conservación del patrimonio cultural. Información del estado de los bienes muebles del patrimonio cultural.

prEN 16096 Conservación del patrimonio cultural. Evaluación del estado e informe de los bienes inmuebles del patrimonio cultural.

prEN 16242 Conservación del patrimonio cultural. Procedimientos e instrumentos para la medición de la humedad del aire y los intercambios de humedad entre el aire y el patrimonio cultural.

EN ISO 7730 Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).

ISO/IEC Guide 73:2002, Risk management. Vocabulary. Guidelines for use in standards.

BS 7913: 1998, Guide to the principles of the conservation of historic buildings, BSI British Standards Institution, 1998

EN 60751, *Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors (IEC 60751:2008)*.

EN 60584-1, *Thermocouples. Part 1: Reference tables (IEC 60584-1:1995)*.

UNI 10586:1997. Documentazione. Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti. UNI. Ente Nazionale Italiano di Unificazione Milano.

UNI 10829:1999. Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazione ed analisi. UNI.

UNI 10969:2002. Beni culturali - Principi generali per la scelta e il controllo del microclima per la conservazione dei beni culturali in ambienti interni. UNI.

UNI 11120:2004. Beni culturali - Misurazione in campo della temperatura dell'aria e della superficie dei manufatti. UNI 11131:2005. Beni culturali - Misurazione in campo dell'umidità dell'aria.

Documentos técnicos.

DTIE 7.01. Velázquez, R. (1998): Cálculo de carga y demanda térmica. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Edita ATECYR.

DTIE 2.03. Soriano, E., Lacalle, I. (2008): Acústica en instalaciones de aire. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Edita ATECYR.

DTIE 3.01. Pinazo Ojer, J. M. (1996): Piscrometría. Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Edita ATECYR.

Principales sitios web.

- ***International Council on Monuments and Sites (ICOMOS):***

<http://www.icomos.org>

- ***International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM)***

<http://www.iccrom.org/index.shtml>

- ***AATA Online***, comprehensive database of over 100,000 abstracts literature related to the preservation and conservation material cultural heritage.

<http://www.aata.getty.edu/NPS/>

- ***Bibliographic Database of the Conservation Information Network***

http://www.bcin.ca/English/home_english.html

- ***Canadian Heritage Information Network***

<http://www.chin.gc.ca/>

- ***International Council of Museums (ICOM)***

www.icom.org

- ***International Council of Museums - Committee for Conservation (ICOM-CC)***

www.icom-cc.org

- ***International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC)***

www.iiconservation.org

- ***AEMET.***

<http://www.aemet.es/es/portada>

GLOSARIO DE TÉRMINOS



Términos relacionados con la HIGROMETRÍA O PSICROMETRÍA**Albedo:**

El albedo es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates.

Diagrama psicrométrico:

Es la representación gráfica de las propiedades termodinámicas del aire húmedo. Los diagramas normalmente disponibles se refieren a una presión normal de una atmósfera y a 1 kg de aire seco, con un contenido variable de vapor de agua.

DPR:

Distancia al punto de rocío.

Entalpía o densidad energética (i):

Magnitud termodinámica que indica la cantidad de energía que hay en la unidad de masa de materia. Queda definida como la suma de energía interna más la cantidad que se obtiene del producto de la presión por el volumen (j/kg de aire seco).

HVAC:

Heating, Ventilating and Air Conditioning, en español CLIMATIZACIÓN.

Higrometría o Psicrometría:

Se refiere al estudio y medición de la cantidad de agua presente en una mezcla de sustancias, ya sea sólida o gaseosa (generalmente el aire).

Higrómetro o Psicrómetro:

Dispositivo capaz de medir la humedad.

Humedad absoluta (Habs):

Es la razón entre la masa de agua presente en la mezcla (en [Kg]), y el volumen (en [m³]) de la misma (aire, tierra, etc.).

Humedad específica (Hs, W):

Es la razón entre la masa de agua y la masa de sustancia seca presentes en la mezcla ([Kg agua]/[Kg Sustancia seca]).

Humedad relativa (Hr):

Es la razón entre la presión parcial de vapor actual, y la presión de vapor de saturación, expresada generalmente en porcentaje. O de otra manera, es la cantidad de agua que contiene un gas expresada en tanto por ciento de la cantidad que el gas tendría en estado de saturación, a la misma temperatura y presión

Material higroscópico:

Se dice de los materiales que tiene afinidad hacia la humedad.

Presión de vapor (P_v):

Presión parcial que ejerce el vapor de agua contenido en el aire.

Presión de vapor de saturación (P_{vsat}):

Presión parcial del vapor de agua de una mezcla saturada a una temperatura dada.

Punto de rocío (*Dew point*):

Es la temperatura de saturación de una mezcla de gas y vapor de agua, por ejemplo, si se reduce la temperatura de una mezcla hasta el punto que se inicia la condensación se ha llegado a la temperatura de punto de rocío, por lo que se tendrá una $P_v = P_{sat}$. Si la temperatura de rocío es inferior a 0°C , se pasa a llamar *Punto de escarcha* (*Frost Point*).

Punto de consigna (*set point*):

Es el valor de temperatura o de humedad relativa que un sistema de climatización (HVAC) está diseñado para mantener.

Temperatura del aire (T):

Temperatura dada por un termómetro que está expuesto al .aire en una posición protegida de la radiación solar directa o de otras fuentes de energía.

Temperatura de bulbo seco:

Es la temperatura que tiene la mezcla (con vapor de agua), y generalmente es medida por un termómetro. La singularidad del nombre será explicada más adelante, cuando se emplee la variable.

Temperatura de bulbo húmedo:

Es la temperatura de equilibrio que se alcanza en la superficie de una película de agua que se evapora sin aplicarle calor (proceso adiabático), éste concepto está vinculado con el anterior, por lo que será explicado posteriormente.

Temperatura de superficie, T_S :

Temperatura de una superficie dada de un objeto.

NOTA Esta temperatura se puede medir con termómetros de contacto, con termómetros de radiación total de cuasi contacto o con termómetros de infrarrojos a distancia. Por lo general, la temperatura de superficie es diferente de la temperatura del aire, y varía entre distintos objetos y entre distintos sitios para un mismo objeto. Se expresa en grados .Celsius ($^\circ\text{C}$).

Temperatura radiométrica:

Temperatura medida con un termómetro de infrarrojos

NOTA Esta temperatura se expresa en grados Celsius (°C).

Volumen específico de una mezcla de aire húmedo (Ve):

Volumen ocupado por el aire húmedo por unidad de masa de aire seco. Es, pues, la relación entre el volumen total del aire atmosférico y la masa total del aire seco. Es la magnitud inversa de la densidad (m³/ kg de aire seco).

Términos relacionados con TERMODINÁMICA Y TERMOMETRÍA.**Calor:**

El flujo de calor debe entenderse como la transmisión de energía en virtud de una diferencia de temperatura entre dos puntos. El calor se transmite del sistema de mayor temperatura al de temperatura menor. Otro aspecto de esta definición de calor es que un cuerpo nunca contiene calor; por tanto, el calor es un fenómeno de transporte de energía. Esta transmisión de energía se puede realizar de tres formas: conducción, convección y radiación.

Control activo:

Empleo de dispositivos; dotados de sensores y reguladores de procesamiento en tiempo real, capaces de forzar intercambios de calor, de humedad o de aire.

Contenido de humedad en equilibrio (EMC):

Contenido de humedad en el que el material higroscópico ni pierde ni gana humedad procedente de la atmósfera circundante a los niveles dados de temperatura y de humedad relativa.

Confort térmico:

Estado de bienestar que expresa satisfacción con el entorno ambiental.

Clima:

Valores estadísticos de los distintos factores climáticos y estados y fluctuaciones del tiempo. «Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera y su evolución en dicho lugar». El conjunto de fenómenos debe corresponder a un período de tiempo suficientemente largo como para considerarse representativo de la zona.

Clima exterior:

Clima del exterior de un edificio.

Clima histórico: Condiciones climáticas del microentorno en el que siempre o durante un tiempo prolongado (de al menos un año) se ha conservado un objeto del patrimonio cultural, y al que se ha aclimatado.

Clima interior natural:

Clima interior de un edificio sin calefacción, sin ventilación forzada u otro tipo de control activo.

Emisividad:

Poder relativo de una superficie para emitir calor por radiación, expresado como la relación entre la energía de radiación emitida por una superficie y la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.

NOTA Este valor está comprendido entre 0 y 1

Entorno interior:

Zona del interior de un edificio en la que se conservan objetos del patrimonio cultural.

Estabilidad:

Capacidad de un instrumento de medición de mantener constante sus características metrológicas durante un periodo de tiempo.

NOTA La estabilidad se debería expresar en términos de variación de la respuesta de temperatura en un año (°C/año).

Estratificación térmica:

Gradiente vertical de la temperatura del aire en el interior de un edificio.

Gama de medición:

Intervalo de valores que está previsto medir, o que potencialmente se pueden medir, o que se han medido, especificado por sus límites superior e inferior.

Incertidumbre (de la medición):

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a una magnitud medida.

Intervalo de referencia:

Intervalo de fluctuaciones de la humedad relativa que no debería ser excedido, a fin de asegurar la mejor conservación

“Isla de calor”:

Anomalía térmica positiva en la parte central de las ciudades por contraste con la periferia

Límites del rango de variaciones de humedad relativa, HR:

Rango de variaciones dentro de las que se tiene que mantener la HR para evitar daños generados por el clima.

Material higroscópico:

Material que absorbe humedad cuando aumenta la humedad relativa ambiental, y que pierde humedad cuando disminuye dicha humedad relativa.

Microclima:

Clima sobre una escala espacial pequeña.

NOTA Normalmente, se refiere al microentorno que interactúa con los objetos considerados.

Nivel de referencia:

El nivel de humedad relativa que debería mantenerse para asegurar mejor la conservación.

Repetibilidad:

Capacidad del instrumento de medición para reproducir el mismo resultado cuando se mide sucesivamente la misma magnitud del aire o de la superficie bajo investigación, en las mismas condiciones experimentales.

Resolución:

La menor diferencia que se puede distinguir de forma válida entre las indicaciones del dispositivo de visualización.

Saturación de un gas:

Se dice que un gas se encuentra saturado, cuando éste no es capaz de soportar más vapor de agua a una temperatura y presión absoluta dada. Cuando el gas está en saturación, la cantidad de agua que se evapora es igual a la cantidad de agua que se condensa, por ello hay textos que prefieren referirse a equilibrio en lugar de saturación.

Sensor:

Dispositivo que detecta, bien el valor absoluto, bien un cambio en una magnitud física, y lo convierte en una señal de entrada válida para un sistema de recogida de información

Sensor de contacto:

Sensor que se coloca en contacto físico directo con la superficie y que está diseñado para alcanzar el equilibrio térmico con dicha superficie.

NOTA El sensor puede presionarse contra la superficie o pegarse a ésta mediante un adhesivo o una pasta, con objeto de mejorar el intercambio de calor y la consecución del equilibrio térmico.

Sonda:

Dispositivo de pequeñas dimensiones que se coloca en o sobre el objeto para realizar mediciones o para proteger el sensor.

NOTA Normalmente, la sonda está diseñada de manera que no influya significativamente en el resultado de la medición.

Sistemas de calefacción, de ventilación o de aire acondicionado (HVAC, Heating Ventiletingor Air Conditioning Systems):

Sistemas activos que se accionan para controlar la temperatura del aire (calefacción), la temperatura y humedad del aire (aire acondicionado), o la ventilación de un edificio.

Temperatura de punto de rocío:

Temperatura a la que el aire se enfría a presión constante y contenido de vapor de agua constante para alcanzar la saturación.

Termómetro de infrarrojos:

Termómetro que permite mediciones a distancia de la temperatura de una superficie, midiendo el flujo de radiación infrarroja emitida y reflejada por la referencia.

Termovision:

Procedimiento para medir la temperatura exterior de los materiales por medio de la radiación infrarroja.

Tiempo de respuesta:

Intervalo de tiempo que transcurre entre el instante en que la temperatura del aire o de la superficie es sometida a una variación brusca de amplitud especificada y el instante en el que la respuesta del aparato alcanza, y se mantiene, dentro de unos límites especificados, en torno a su valor constante final.

Tiempo atmosférico:

Conjunto de condiciones meteorológicas de un espacio temporal momentáneo o, al menos, mucho más breve que el que correspondería al concepto de clima; el período máximo que se considera al hablar de tiempo atmosférico es de un día.

Términos relacionados con la CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**Aire interior IDA (Indoor Air):**

Aire tratado en el local o en la zona. Categorías de la calidad del aire interior en función del uso de los edificios:

- IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4 (aire de calidad baja).

Calidad ambiental en interiores (CAI):

Condiciones ambientales de los espacios interiores adecuadas al usuario y a la actividad, definida por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos.

Materia particulada PM 10:

Partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10 μm con una eficiencia de corte del 50 %.

Materia particulada PM 2,5:

Partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 2,5 μm con una eficiencia de corte del 50 %.

Óxidos de nitrógeno (NOx):

La suma, en partes por mil millones en volumen de óxido nítrico y dióxido de nitrógeno, expresada como dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Valor límite:

Nivel que no debe superarse, fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto.

Valor límite ambiental (VLA):

Valor de referencia para medir la concentración de agentes químicos en el aire. Representan las condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Términos relacionados con TÉRMINOS ESTADÍSTICOS**Coeficiente de correlación lineal:**

Medida cuantitativa del grado de interconexión entre variables, que intenta determinar con qué precisión describe la relación entre variables una ecuación lineal. El coeficiente de correlación oscila entre -1 (correlación inversa fuerte) y +1 (correlación directa fuerte), y mide la bondad del ajuste entre la ecuación adoptada y los datos.

Desviación típica:

La desviación típica de un conjunto de N números $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, se denota por S y se define como:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Fórmula donde X representa las desviaciones de cada uno de los números X_i respecto de la media \bar{X} . Así que S es la raíz cuadrada de la media de las desviaciones cuadráticas. El grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio dota de validez a las referencias. Si los valores son muy altos, implica que las mediciones son muy variables.

Distribución de frecuencias:

Representación tabular de los datos correspondientes a una variable, que incluye la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada.

Frecuencia Absoluta (f_i):

Es la cantidad de veces que aparece y se repite el valor de un dato.

Frecuencia Relativa (f_r):

De un valor, es el cociente entre su frecuencia absoluta y el número total de datos que intervienen en el experimento.

Frecuencia Relativa Acumulada (F_R):

De un valor, es la suma de todas las frecuencias relativas menores o iguales al considerado.

Media aritmética:

La media aritmética, o simplemente media, de un conjunto de n números se define por la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{N}$$

Mediana:

La mediana de un conjunto de números ordenados en magnitud es o el valor central o la media de los dos valores centrales. Geométricamente, la mediana es el valor de X (abscisa) que corresponde a la recta vertical que divide un histograma en dos partes de igual área.

Moda:

En un conjunto de números, es el valor que ocurre con mayor frecuencia. La moda puede no existir, e incluso no ser única en caso de existir.

Percentiles (P):

Se usan para dividir una información en cien partes iguales, cada una de las cuales contiene un 10% de los datos.

Promedio o medida de tendencia central:

Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como tales valores suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud, los promedios se conocen como medidas de tendencia central. Se definen varios tipos; los más comunes son la media aritmética, la mediana, la moda y los cuartiles.

Rango, recorrido u oscilación:

El rango de un conjunto de números es la diferencia entre el mayor y el menor de todos ellos.

Recta de tendencia: Recta de regresión en la que la variable independiente x es el tiempo; se utiliza en estimación y predicción.

Variables estadísticas bidimensionales:

A menudo existen relaciones entre dos o más variables, por ejemplo, temperatura y humedad relativa, precipitaciones y humedad relativa, etc. Para obtener dicha relación se representan en un sistema de coordenadas cada uno de los puntos definidos por los valores de las dos variables (x,y) obteniendo la nube de puntos o diagrama de dispersión.

Varianza:

En referencia a un conjunto de datos, se define como el cuadrado de la desviación típica y viene dada, en consecuencia, por s^2 .

Términos relacionados con INSTITUCIONES.

ICOM:

El Consejo Internacional de Museos (ICOM) es una organización internacional de museos y profesionales, dirigida a la conservación, mantenimiento y comunicación del patrimonio natural y cultural del mundo, presente y futuro, tangible e intangible. Creado en 1946, ICOM es una organización no gubernamental (ONG), que mantiene una relación formal con UNESCO y tiene estatus de órgano consultivo del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.

UNESCO:

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, es un organismo especializado de las Naciones Unidas. Se fundó el 16 de noviembre de 1945 con el objetivo de contribuir a la paz y a la seguridad en el mundo mediante la educación, la ciencia, la cultura y las comunicaciones. La constitución firmada ese día entró en vigor el 4 de noviembre de 1946, ratificada por veinte países.

ICCROM:

International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property es una organización intergubernamental dedicada a la preservación del patrimonio cultural en todo el mundo a través de la formación, información, investigación, cooperación y programas de promoción. Su objetivo es mejorar el campo de la conservación y restauración y concienciar la importancia y fragilidad del patrimonio cultural. La creación del centro tuvo lugar como resultado de una

propuesta en la Conferencia General de la UNESCO, celebrada en Nueva Delhi, en 1956. Tres años más tarde, el centro se estableció en Roma, Italia.

ICOMOS:

International Council on Monuments and Sites, es una asociación profesional que trabaja para la conservación y protección de los lugares de patrimonio cultural del mundo., ICOMOS fue fundado en 1965 en Varsovia a raíz de la carta de Venecia de 1964 y ofrece asesoramiento a la UNESCO. Tiene su jefatura en París

ASHRAE:

El ASHRAE Handbook es el texto de referencia de la *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers*, que desde 1999 cuenta con un capítulo específico dedicado a los rangos de los parámetros ambientales para museos, galerías, bibliotecas y archivos, que incorporan nuevos conceptos en la evaluación de riesgos de los bienes culturales contenidos en estos espacios.

The Getty Conservation Institute (CCI):

El Getty Conservation Institute (GCI) es un programa del J. Paul Getty Trust, una organización cultural y filantrópica que se dedica a las artes visuales y al humanismo incluyendo un museo de arte así como programas de educación, de investigación y de conservación.

NOAA.

(National Oceanic and Atmospheric Administration). La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera.

AEMET.

Agencia Estatal de Meteorología

ANEXOS



ANEXO 1: Manuales de equipos de medición.

REGISTRADOR DE DATOS UL-100. BASILICA DE LA VIRGEN 1994-2000.

Adquisición de datos

Registrador de datos UL100**Descripción, especificaciones y funcionamiento operativo**

Por A. Mosconi de E.V. System. Artículo cedido por MARTIN MARTEN.

El desarrollo de las técnicas y de los sistemas para la adquisición de datos en distintas actividades industriales y de laboratorio resulta especialmente importante, debido al constante incremento de la aplicación de los sistemas de control automáticos en los procesos de transformación de las materias primas y en la producción de los bienes de consumo.

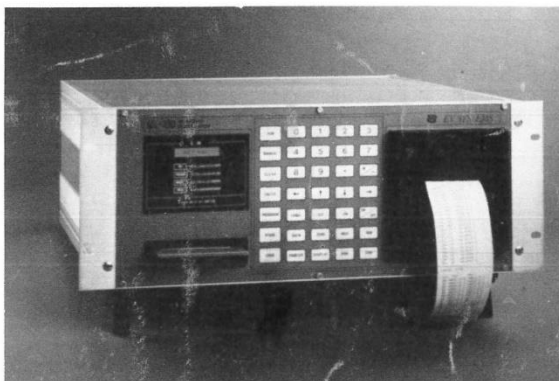


Figura 1.-Data logger UL100.

El conocimiento de las interacciones entre más variables de un proceso, la posibilidad de verificación y análisis de un cierto parámetro o el control del mismo en función de determinados umbrales de alarma, la supervisión de los parámetros de energía de un ciclo de trabajo o de toda una instalación son sólo algunos ejemplos de cómo la adquisición de datos es determinante para el logro de elevados niveles de calidad, fiabilidad y seguridad global del sistema de producción.

Los laboratorios y los centros de

control de calidad necesitan sistemas de adquisición de datos adaptados a las crecientes exigencias de calificación de los componentes, de los subconjuntos y de los dispositivos destinados a trabajar en determinadas condiciones ambientales. En el caso de la investigación aplicada es preciso conocer cada vez mejor el comportamiento de un material en función de determinadas condiciones ambientales o estimulaciones y esfuerzos de varios tipos. Todo ello para mejorar la calidad de los productos, la seguridad y fiabilidad funcional, la optimización de los ciclos

productivos y, por consiguiente, el empleo de los recursos humanos, energéticos y naturales.

Estos objetivos pueden lograrse sólo después de un profundo conocimiento de los fenómenos y de la incidencia de un parámetro respecto al dato final, conocimiento que puede alcanzarse únicamente después de numerosas y documentadas pruebas a lo largo del tiempo.

Dicho conocimiento viene, sin duda, proporcionado por la utilización de los sistemas de adquisición de datos, que unidos a los sistemas de elaboración de datos permiten

Adquisición de datos

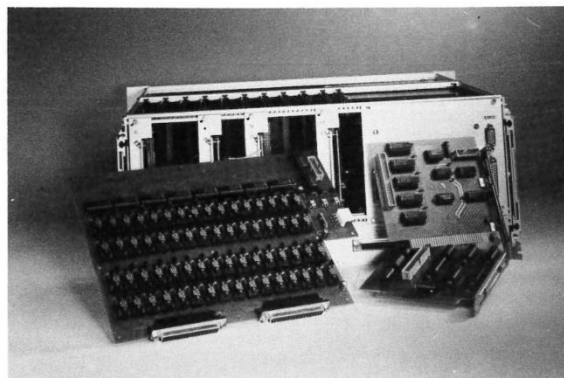


Figura 2.-Tarjetas de alarma y de control del UL100.

disponer de todos los elementos necesarios para el control de un determinado fenómeno. Por tanto, el usuario tiene la posibilidad de decidir con la máxima objetividad e intervenir del modo apropiado.

Registrador de datos UL100

El registrador de datos UL100, de 100 canales (figura 1), es una nueva unidad de adquisición de datos completamente computerizada, en cuyo diseño se ha tenido muy en cuenta los aspectos de fiabilidad, capacidad operativa, flexibilidad e integración a otros sistemas o dispositivos de medición, para poder ofrecer al usuario una solución particularmente válida para todos los sectores de utilización posibles.

La construcción del UL100 ha sido desarrollada para poder obtener un empleo racional, tanto en las aplicaciones de laboratorio como en las de supervisión y control dentro de los procesos industriales.

Descripción y características

El UL100 está compuesto de una carcasa metálica normalizada de 19 pulgadas, altura 4 U, apta para ins-

talación en rack o bien para su utilización como instrumento de mesa de trabajo, en la que se alojan las diferentes piezas funcionales para la adquisición, memorización, visualización e impresión de los datos medidos por las correspondientes tarjetas modulares multicanales de entrada.

La capacidad y versatilidad del sistema se confían a la tarjeta-base de control (CPU), que se corresponde con la de un ordenador personal XT-IBM compatible y que está equipada con las varias tarjetas de interfaz paralelas y en serie para el mando y la gestión del monitor y de la impresora incorporados, driver para floppy de 3,5 pulgadas, teclado frontal de membrana, tarjetas de entrada y de alarma, además de las salidas para un eventual monitor monocromático TTL y la impresora Centronics externos.

La utilización de la CPU descrita, equipada con el microprocesador 8088, conjuntamente con ciertos recursos de diseño y arquitectura general del sistema, permite efectuar la operación de exploración de los canales de entrada a la velocidad máxima de 2 lecturas/s, con un tiempo global de adquisición de 5 segundos, independientemente del número de canales efectivamente presentes.

Por consiguiente, también en el caso en que se utilice el registrador en su máxima configuración posible, es decir, con 100 canales de entrada, el tiempo de adquisición será equivalente a 5 segundos. Por lo tanto, este tiempo puede ser asumido como intervalo mínimo de adquisición para los datos de un mismo canal de entrada.

Esta elevada velocidad de adquisición se ha logrado gracias a la particular configuración del sistema de conversión y transferencia del dato de cada tarjeta individual de entrada a la memoria intermedia RAM. Cada tarjeta de entrada, compuesta por 10 canales con las mismas características de señal, está equipada con un convertidor A/D con una resolución de 15 bit más signo (± 30.000 puntos), que a su vez está conectado a un conductor omnibus intermedio, en paralelo a las salidas de los convertidores de las otras tarjetas presentes.

El tipo de funcionamiento paralelo de las tarjetas de entrada resulta especialmente válido también en los casos en que es preciso mantener al máximo la simultaneidad de la medida de un parámetro respecto a otras señales pertenecientes a las mismas condiciones operativas bajo examen. En efecto, con el UL100 se pueden obtener simultáneamente los valores correspondientes a 10 entradas, a condición de que pertenezcan a 10 distintas tarjetas de entrada.

La seguridad de funcionamiento del registrador de datos se obtiene mediante la separación galvánica de cada una de las tarjetas de entrada del resto del aparato y sobre todo de la CPU y de las puertas de salida vídeo RS 232 Centronics, ya sea por lo que respecta al conductor omnibus de los datos o bien al sistema de alimentación de las distintas piezas funcionales.

Las características técnicas fundamentales de todas las tarjetas de entrada estándar se citan en la Figura 3. Sin embargo, la gama de tarjetas de entrada está en continua evolución en lo que respecta a la amplia-

Adquisición de datos

ción de las posibilidades de empleo del instrumento, con el fin de resolver todos los problemas concretos de adquisición de datos.

Las posibilidades de conexión del UL100 son múltiples, sobre todo si se tiene en cuenta que es fácil hallar en el mercado transductores de señales y acondicionadores de sensores para magnitudes físicas cuyo valor de salida está normalmente disponible como señal en tensión (VCC) o bien en corriente (mACC).

La Figura 4 muestra un ejemplo de página-video, en la que además de otros valores analógicos de varios canales de entrada es posible obtener otras informaciones. Por ejemplo: alarmas máximas activadas (carácter H), alarmas mínimas activadas (carácter L), canales no habilitados (OFF), canales no conectados o en over-range, sensores dañados (=====).

El registrador de datos incluye además una tarjeta de alarma en la que hay colocados 64 relés. La activación de estos relés está distribuida en dos tipos de secuencia:

— Relé para la presencia de alarma mínima y máxima para cada una de las tarjetas de entrada, para un total de 20 relés utilizados.

— Establecimiento del programa de funciones lógicas AND/OR para cada uno de los 44 relés restantes, teniendo en cuenta el estado de más canales para cada ecuación de control.

Puede conectarse una tarjeta suplementaria con otros 64 relés, para funciones de control de alarmas más complejas.

Particularidades funcionales

El diálogo entre el operador y el registrador de datos se realiza mediante el monitor incorporado, en el que se visualizan los datos adquiridos y los mandos que pueden ser seleccionados de vez en cuando por el mismo operador mediante el teclado frontal de función.

Tipo entrada	Termopar	PT100	Tensión	Corriente
Resolución máx.	0,1 °C	0,1 °C	10 µV	100 nA
Precisión máx.	± 0,2 °C	± 0,4 °C	0,05%	0,1%
Escala	-199,9 °C	-199,9 °C	± 299,99 Vcc máx.	± 299,99 mAcc máx.
Linealización	+1350,0°C J-K-T DIN/ANSI	+850,0°C DIN		

Figura 3.-Características técnicas de las tarjetas estándar de entrada.

```

UL - 100
TIME 15:42:15 DATE 23.01.90 USER :
INT.PRINTER RATE = 4 EXT.PRINTER RATE = 2 COMMUN.RATE = 1
STORING RATE = 3 FILE NAME : TEST1 STORING BLOCK = 5
CH50 0025.4°C CH60 0035.6°C CH70 084.22RH CH80 121.35mV CH90 0125.4mA
CH51 0028.2°C CH61 0033.4°C CH71 082.54RH CH81 097.32mV CH91 0132.3mA
CH52 0035.7°C CH62 0043.5°C CH72 078.15RH CH82 115.16mV CH92 0152.1mA
CH53 0032.1°C CH63 0038.6°C CH73 080.67RH CH83 105.34mV CH93 0135.2mA
CH54 ===== CH64 0047.5°C CH74 076.55RH CH84 122.18mV CH94 0157.3mA
CH55 0108.4°C CH65 0121.2°C CH75 15.043RH CH85 225.34V CH95 097.78A
CH56 0110.8°C CH66 0124.7°C CH76 16.158RH CH86 228.54V CH96 102.32A
CH57 0115.3°C CH67 0129.8°C CH77 16.503RH CH87 227.34V CH97 098.53A
CH58 OFF CH68 0004.5°C CH78 1758.2rpm CH88 0305.1V CH98 OFF
CH59 OFF CH69 ===== CH79 1483.1rpm CH89 0383.4V CH99 OFF
=====
AUTOMATIC OPERATING
PRESS : PROGRAM for Set-up menu MANUAL for Manual operating
ENTER for Utility menu <- -> for Other channels
    
```

Figura 4.-Ejemplo de página-video con visualización de los datos.

```

UL - 100
RUN Automatic operating MANUAL Manual operation ENTER Utility menu
=====
CONFIGURATION SET-UP
LABEL Set the measuring units MAX. Enter maximum limits
D . P Set dec.point position MIN. Enter minimum limits
LINEAR Set the lineariz. table PRINTER Select the printer-mode
ON/OFF Channel enable or disable DISPLAY Select the display-mode
GAIN Enter new gain coefficient DISK Select the disk-mode
ZERO Enter new zero coefficient COM. Set communication-mode
    
```

Figura 5.-Página de servicio con menú principal de inicialización.

El funcionamiento del UL100 es controlado por un programa de gestión memorizado en un disquete de 3,5 pulgadas y 720 Kbyte, que se inserta en el driver frontal del registrador. Las funciones principales del programa prevén el establecimiento inicial de los diversos parámetros operativos del registrador de datos que son:

— Intervalo de exploración de los

canales y adquisición de los datos.

- Tiempo de activación de la impresora incorporada.
- Tiempo de activación de la eventual impresora externa remota.
- Intervalo de memorización de los datos en disquete.
- Intervalo de transmisión de los datos en la línea en serie RS 232.

El establecimiento independiente de los parámetros citados pone en

Adquisición de datos

evidencia la versatilidad del UL100 ante las diversas necesidades operativas del usuario.

La capacidad de memorización en disquete de los datos adquiridos es superior a 500 ciclos de exploración de 100 valores cada uno, cada ciclo se memoriza por completo con referencia horaria y a los intervalos preestablecidos.

El establecimiento inicial del registrador de datos prevé la posibilidad de asociar a cada canal de modo independiente una serie de parámetros y selecciones. Respecto a la Figura 5 se puede observar en ella:

- Habilitación/exclusión del canal.
- Unidad de medición: mV, V, mA, A, W, kW, °C, °F, °K, rad, °, Pa, mt, mm, rh, g, kg, y t.
- Posición del punto decimal.
- Tipo de linealización para sen-

sores de temperatura.

- Coeficientes cero y ganancia.
- Umbral máximo y umbral mínimo.

Una de las ventajas que ofrece el establecimiento paramétrico independiente de los canales es poder adquirir datos procedentes de más transductores referidos a diversas magnitudes físicas, leyendo su valor real y no el convertido.

Todos estos parámetros e informaciones se memorizan en un archivo de inicialización, que puede ser modificado o reutilizado íntegramente para aplicaciones sucesivas análogas. Esta forma de operar permite la posibilidad de crear un fichero de archivos de preparación del registrador, desde el que se puede llamar rápidamente la configuración

más adecuada en función del tipo de adquisición a efectuar.

Las posibilidades operativas del registrador de datos UL100 pueden ampliarse mediante programas suplementarios que realizan la función de generar archivos de inicialización directamente del ordenador personal, o la posibilidad de gestionar los datos adquiridos para operaciones fundamentales de visualización e impresión.

Pueden obtenerse otras funciones más complejas de cálculo estadístico o de visualización en forma gráfica, mediante algunos programas suplementarios para la conversión del archivo original de los datos en otros archivos compatibles con los paquetes más comunes de gestión de datos.



DATA LOGGER UL-100

SISTEMA DE CAPTACION DE DATOS CON MICROPROCESADOR

- Hasta 100 canales de entrada (analógicos/digitales)
- Tarjetas de conversión A/D, alarmas, interface,...
- Pantalla e impresora alfanumérica
- Floppy disk 3,5" (software y memorización)

El sistema permite la visualización, scanner, programación, memorización, impresión y transmisión de la información.

Martin Marten

Técnica de medición, control, regulación y automatismo

Servicio técnico garantizado

BARCELONA
Gran Vía, 804
08007 Barcelona
TEL (93) 301 33 32*
FAX (93) 302 72 61

MADRID
Enrique Larreta, 5
28036 Madrid
TEL (91) 314 16 43
FAX (91) 733 99 96

SEVILLA
Adriano, 31, A
41001 Sevilla
TEL.: (95) 422 14 29
FAX: (95) 421 02 22

VALENCIA
Av. Ausias March, 18
46006 Valencia
TEL (96) 334 09 03*
FAX (96) 374 75 63

BILBAO
Ulizar, 20
48012 Bilbao
TEL (94) 443 69 91
FAX (94) 443 61 94

MEDIDOR TEMPERATURA A DISTANCIA-HR.

Kestrel 3000 Pocket Weather Meters

Gracias por adquirir el Medidor Meteorológico Kestrel 3000 de Bolsillo. Este instrumento medirá las siguientes condiciones atmosféricas:

- velocidad del viento
- índice de calor
- ráfaga de viento máxima
- punto de rocío
- velocidad del viento media
- temperatura (aire, agua nieve)
- humedad relativa
- efecto de enfriamiento del viento (wind chill)

MODO DE EMPLEO

1) Deslice la tapa para retirarla.

2) Puesta en marcha. Presione el botón central (⓪) para encender la unidad.

3) Seleccione la medida. Presione la flecha derecha (▶) para recorrer las medidas enumeradas a continuación. Presione la flecha izquierda (◀) para leer las medidas en el orden inverso. Visualizará las medidas instantáneamente. (Para obtener más información, lea la sección "Cómo entender mejor las medidas"). Cada pantalla de medida viene precedida de una breve indicación para aclarar cuál es la medida que está siendo visualizada.



4) Seleccione la unidad de medida. Mientras pulsa ⓪, presione ▶ para recorrer las medidas enumeradas a continuación:



5) Modo de Memorización de Datos. Mientras pulsa ⓪, presione ◀ para memorizar la hora y todos los valores medidos. La palabra "HOLD" parpadeará para indicar el modo de memorización de datos. Presione ◀ o ▶ para visualizar el resto de medidas en modo memorización. Mientras pulsa ⓪, presione ◀ para terminar con esta función. Este modo puede ser muy útil para realizar medidas cuando no pueda ver la pantalla.

6) Active la retroiluminación. Presione ⓪ para activar la iluminación de fondo durante 10 segundos. Si ◀ o ▶ están presionados mientras la luz de fondo está iluminada, la luz permanecerá iluminada durante 10 segundos más. Presione ⓪ mientras la luz de fondo está iluminada para apagar la retroiluminación manualmente.

7) Apagado. Presione ⓪ durante 2 segundos para apagar la unidad manualmente. La unidad se apagará automáticamente si durante 45 minutos no se ha tocado ningún botón.

CÓMO ENTENDER MEJOR LAS MEDIDAS

Velocidad del viento - media de los tres segundos anteriores. La medida será precisa teniendo en cuenta la corriente de aire de la parte delantera o trasera de la unidad.

Ráfaga de Viento Máxima - velocidad de viento máxima de 3 segundos desde que se encendió la unidad.

Velocidad del viento media - media de la velocidad del viento desde que se encendió la unidad.

Temperatura - temperatura instantánea del termistor, que está situado al final de los cables enrollados en la cavidad descubierta debajo de la miniturbina. La exposición del termistor hace que éste responda rápidamente a los cambios de temperatura cuando el aire lo atraviesa. Para obtener una respuesta más rápida, sostenga la unidad al viento u ondee la unidad de lado a lado durante 15 segundos. La lectura de las medidas deberá realizarse a la sombra.

Efecto de Enfriamiento del Viento (Wind Chill) - es la combinación de la velocidad del viento y la temperatura, como lo define El Servicio Nacional

de Meteorología de EEUU. El efecto de Enfriamiento del Viento es la temperatura efectiva de un ser humano o animal a bajas temperaturas debido a la velocidad del viento. Las lecturas de esta medida serán iguales que las de la temperatura, por encima de 45°F [7.2°C] o por debajo de 3mph [4.8 Km/h].

Humedad Relativa - cantidad de humedad en aire comparada con la cantidad de humedad que puede soportar el aire para la temperatura dada, representada con un porcentaje. Como la humedad relativa también es una función de la temperatura, el tiempo de respuesta dependerá del tiempo de respuesta de la temperatura (lea la sección de temperatura descrita anteriormente). Las lecturas deberán realizarse en la sombra.

Índice de calor - combinación de temperatura y humedad, como los define el Servicio Nacional de Meteorología de EEUU. El índice de calor es la temperatura efectiva sobre un ser humano o animal a altas temperaturas debido a la humedad. Las lecturas serán iguales que las de la temperatura, por debajo de 70°F [21°C].

Punto de Rocío - calculado en función de las medidas de temperatura y humedad, como medida de humedad contenida en el aire. Si la medida de punto de rocío es muy similar a la de la temperatura, el aire es húmedo. Si la temperatura y el punto de rocío son iguales, se formará rocío. Si esto ocurre con temperaturas bajo cero, se formará escarcha.

MANTENIMIENTO & RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Almacenamiento de su Kestrel

Evite guardar su unidad Kestrel en lugares donde estará expuesta a menos de -30°C [-22°F] o por encima de 80° C [176° F] durante largos periodos de tiempo. Puede ocasionar daños irreparables. (Tenga en cuenta que el interior de un vehículo aparcado al sol puede alcanzar temperaturas muy altas).

Uso del cordón de sujeción y de la Funda

La funda puede sujetarse al cordón para evitar que se pierda. Primero, retire el seguro del cordón. Después introduzca el extremo del cordón por la abertura grande de la funda y extráigalo por la ranura del otro extremo. Vuelva a poner el seguro en el cordón.

Sustitución de las Pilas

Cuando la pantalla se vuelva borrosa o ya no se aprecie ningún dato, cambie las pilas. Utilice una moneda grande para abrir compartimiento de las pilas. Inserte una pila CR2032 nueva (disponible en establecimientos donde puede comprar pilas para relojes), con el polo positivo (+) hacia arriba. Cuando vuelva a colocar la tapa del compartimiento de las pilas, asegúrese de que mantiene el anillo de goma negra colocado en la ranura de la parte trasera de la funda.

¿Por qué la Miniturbina parece estar desequilibrada?

Es NORMAL que la miniturbina oscile cuando vaya a detenerse. NO está mal equilibrada. Contiene un imán muy pequeño que responde a los campos magnéticos de la tierra. Esto no afecta a la precisión de las medidas de la velocidad del viento porque el campo magnético afecta tanto una fuerza de freno como de aceleración, que se anulan la una a la otra. La miniturbina ha sido calibrada para proporcionar medidas de velocidad del viento precisas en ± 3%.

Uso de Alta Velocidad

Después de varias horas de un uso continuado alrededor de 25 M/S (-49 KT, 90 KM/H, 56 MPH o 4,923 FPM), su unidad Kestrel perderá algo de precisión debido al desgaste de los rodamientos de zafiro de la miniturbina.

Sustitución de la Miniturbina

Presione CON FIRMEZA los lados de la carcasa negra de la miniturbina con los pulgares para extraer la unidad completa. Al introducir la nueva miniturbina, asegúrese de que la flecha está apuntando la parte de la pantalla, y de que está alineada con la parte superior del medidor. Presione los lados de la carcasa, no el centro.

Calibración de los Sensores

Todos los sensores han sido calibrados en la fabricación para ser precisos con las características. Para volver a calibrarlos, puede devolver la unidad a Nielsen-Kellerman para que realicen de nuevo la calibración en fábrica, o contactar con NK para que le den instrucciones de calibración.

ESCALA BEAUFORT

La Escala Beaufort es un sistema para estimar la fuerza del viento sin utilizar instrumentos basados en los efectos visibles del viento en el entorno. El comportamiento del humo, las olas del mar, los árboles, etc. está calificado en una escala de 13 puntos. La escala fue creada en 1805 por el Comandante naval británico Sir Francis Beaufort (1774-1857) y todavía es comúnmente utilizada por marineros:

Fuerza	Descripción	Kts
0	Calma	0
1	Aire Ligero	1-3
2	Brisa Ligera	4-6
3	Brisa Suave	7-10
4	Brisa Moderada	11-16
5	Brisa Fresca	17-21
6	Brisa Fuerte	22-27
7	Vendaval Cercano	28-33
8	Vendaval	34-40
9	Fuerte Vendaval	41-47
10	Tormenta	48-55
11	Fuerte Tormenta	56-63
12+	Huracán	64+

GARANTÍA Y SERVICIO**Garantía**

Cada unidad ha sido totalmente probada en nuestra fábrica para comprobar la precisión de las medidas y su impermeabilidad. Su unidad Kestrel está cubierta por una garantía de dos años desde la fecha de compra, que cubre todas sus partes y mano de obra. Las disposiciones de esta garantía no incluyen: a) pilas, contenidas en la unidad o vendidas por separado; b) unidades que hayan estado sometidas a un uso incorrecto, negligencia, accidente o mantenimiento e uso indebidos; c) sensores de humedad dañados por contacto excesivo con agua salada; o d) unidades que han sido reparadas o alteradas por alguien distinto de los empleados o agentes de Nielsen-Kellerman's sin expreso permiso por escrito de Nielsen-Kellerman's.

Piezas y Servicio

Para encargar piezas de repuesto para su unidad Kestrel o recibir la atención del servicio post-venta, por favor póngase en contacto con Nielsen-Kellerman o con su lugar de compra.

INFORMACIÓN ADICIONAL

¿Qué es un "Kestrel"? El Kestrel Americano es el halcón norteamericano más pequeño. Hermoso y muy adaptable al entorno, puede encontrarse prácticamente por todo EEUU. Es único entre los halcones por su habilidad tanto para cernerse a muy poca velocidad y caer en picado a gran velocidad.

Montado en EEUU. La unidad Kestrel 3000 está protegida por las Patentes Norteamericanas 5,783,753, 5,939,645 y 6,257,079. Más patentes pendientes. Nielsen-Kellerman se reserva el derecho de modificar las características del producto. © 2004. Kestrel, el logo Kestrel, Pocket Weather, NK y el logo NK son marcas registradas de Nielsen-Kellerman Co.

Características

Velocidad del viento	±3% de lectura
Temperatura	±1°C
Enfriamiento del Viento	±2°C
Temp. de "Cubeta Mojada"	±2°C
Punto de Rocío	±3°C (por encima de 20% HR)
Índice de Calor	±3°C
Humedad Relativa	±3%

Tiempo de Respuesta

Velocidad del Viento	1 Segundo
Temperatura, Enfriamiento del Viento, Índice de Calor	<1 Minuto en la Mayoría de Condiciones

Sensores

Miniturbina: 25 mm. [1 pulgada.] diámetro, rodamientos de zafiro, peso ligero. Miniturbina/Carcasa del conjunto reemplazable por el usuario.
Sensor de Temperatura: Termistor de precisión herméticamente sellado.
Sensor de Humedad: Sensor de calidad.

Pantalla:

Tipo: Reflectante 4,5 LCD
Altura de los dígitos: 8 mm. [0.31 pulgadas].
Actualización: 1 segundo
Limitaciones de Temperatura: Operación normal desde -15°C a 50°C [5°F a 122°F]. Por debajo de -15°C [5°F] el líquido de la pantalla se congelará. Por encima de 50°C, la pantalla se volverá de color negro. Estos efectos

son temporales y la pantalla funcionará correctamente cuando la unidad se encuentre de nuevo a temperaturas normales. Las medidas más precisas pueden obtenerse manteniendo la unidad a una temperatura superior a -15°C [5°F], o más fresca que 50°C [122°F] y exponiéndola el menor tiempo posible para tomar una medida (menos de un minuto).
Apagado automático: Después de 45 minutos sin presionar ningún botón.

Características del Entorno

Sellado: cercado electrónico IP67 – resistencia al agua hasta 1 m. [3 ft.].
Flota.
Caída: probado hasta 2 m. [6 pies].
Temperatura de Almacenamiento: -30°C a 80°C [-22°F a 176°F].

Características Físicas

Botones: Tres botones táctiles controlan todas las funciones.
Pilas: Reemplazables por el usuario. CR2032 . Duración habitual, 300 horas.
Miniturbina: 25 mm. [1 pulgada.] de diámetro, rodamientos de zafiro, peso ligero. Miniturbina/Carcasa del conjunto reemplazable por el usuario.
Funda: Funda deslizable que protege la pantalla y las partes móviles.
Dimensiones: Unidad: 4.8 x 1.7 x 0.7 pulgadas [122 x 42 x 18 mm]; funda: 4.8 x 1.9 x 1.1 (122 x 48 x 28 mm).
Peso: Unidad 2.3 onzas [65g]; funda 1.3 onzas[37 g].
Para más información, visite www.nkhome.com



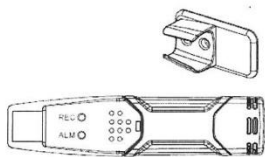
Nielsen-Kellerman Co
21 Creek Circle, Boothwyn, PA 19061
610.447.1555 610.447.1577 FAX
www.nkhome.com info@nkhome.com

Unidades de Medida	inferior	Superior
Nudos	0.6	78
Metros por Segundo	0.3	40
Kilómetros por Hora	1.0	144
Millas por Hora	0.7	89
Pies por Minuto	59	7877
Fuerza Beaufort	1	16
Celsius	-29	70
Fahrenheit	-20	158
Porcentaje de Humedad	5	95

REGISTRADOR DE DATOS PORTÁTIL USB.

GUÍA DEL USUARIO

Adquisidor de datos USB
Humedad y Temperatura
modelo LOG32



Versión 2.0, 07/07

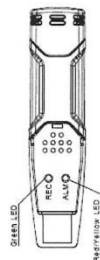
CARACTERÍSTICAS

- Memoria 32.000 lecturas (16.000 lecturas de temperatura y 16.000 de humedad)
- Indicación del punto de rocío
- Indicación del estado
- Interfaz USB
- Alarma seleccionable por el usuario
- Análisis del software
- Multi modo para iniciar el registro
- Larga duración de batería
- Ciclo de medición seleccionable desde 2seg. hasta 24h

DESCRIPCIÓN

1. Tapa de protección
2. Conector USB Puerto PC
3. Botón de inicio
4. Sensores de HR y temperatura
5. LED de Alarma (rojo/Amarillo)
6. LED de Registro (verde)
7. Soporte para el montaje

GUÍA DEL ESTADO DEL LED



LED'S	Indicación	Acción
REC ALM	Ambos LED's en OFF Registro no activo o batería baja	Iniciar el registro Sustituya la batería y descargue los datos
REC ALM	Un destello verde cada 10 seg.* Registro, sin condición de alarma** Doble destello verde cada 10 seg.* Inicio retardado	Para iniciar, mantenga pulsado el botón hasta que parpadee el LED verde y el amarillo
REC ALM	Un único destello rojo cada 10 seg.* -Registro, alarma baja para HR*** Doble destello rojo cada 10 seg.* -Registro, alarma alta de HR*** Un único destello rojo cada 60 seg.* -Batería baja****	En el caso de estar registrando, se detendrá automáticamente. No se perderá ningún dato. Sustituya la batería y descargue los datos
REC ALM	Un único destello amarillo cada 10 seg.* -Registro, alarma baja de TEMP*** Destello rojo amarillo cada 10 seg.* -Registro, alarma alta de TEMP***	Descargue los datos

llenar****

* Para ahorrar energía, el ciclo del parpadeo del LED del registro de datos puede cambiarse a 20s o 30s a través del software.
 ** Para ahorrar energía, los LEDs de la alarma para temperatura y humedad se pueden desactivar con el software.
 *** Cuando tanto las lecturas de temperatura como las de humedad relativa exceden el nivel de alarma simultáneamente, la indicación del estado del LED se alterna cada ciclo. Por ejemplo, si sólo hay una alarma, el LED REC parpadeará durante un ciclo y el LED de la alarma parpadeará para el próximo ciclo. Si hay dos alarmas el LED REC no parpadeará. La primera alarma parpadeará para el primer ciclo y la segunda alarma parpadeará para el segundo ciclo.
 **** Cuando la batería está baja, se desactivan automáticamente todas las operaciones. NOTA: el registro se detendrá automáticamente cuando la batería esté baja. Se requiere el software incluido para reiniciar el registro y para descargar los datos registrados.
 ***** Para utilizar la función de retardo. Active el software del gráfico del registro de datos. Haga clic en el botón de ordenamiento de la barra del menú (el segundo de la izquierda) y seleccione la opción de configuración manual e instantáneamente. Si selecciona la opción manual y pulsa el botón de configuración, el registrador de datos no iniciará el registro inmediatamente, sino cuando pulse el botón amarillo en la caja del registrador de datos.

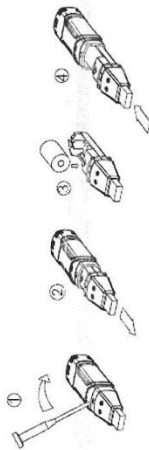
SUSTITUCIÓN DE LA BATERÍA

Utilice sólo baterías de litio de 3.6V. Antes de sustituir la batería, extraiga el modelo del PC. Siga los pasos del 1 al 4 mediante los diagramas indicados a continuación:

1. Con un objeto puntiagudo (p. ej. un destornillador pequeño o similar), abra el compartimiento. Extraiga la tapa haciendo palanca en la dirección de la flecha.
2. Extrae el registrador de datos de su caja.
3. Sustituya / inserte la batería en el compartimento de la batería observando la polaridad correcta. Los dos LED's se iluminan brevemente (alternando el verde, amarillo, verde).
4. Deslice el registrador de datos en su caja hasta que encaje. Ahora el registrador de datos está listo para ser programado.

NOTA:

Si deja el instrumento conectado al puerto USB más tiempo del necesario se producirá la pérdida de la parte de la capacidad de la batería.



⚠ **ADVERTENCIA:** siempre maneje las baterías de litio cuidadosamente. Observe las advertencias. Deséchelas según las normativas locales.

ESPECIFICACIONES

Humedad Relativa	Rango 0 a 100% Precisión (0 a 20 y 80 a 100%) ±5.0% Precisión (20 a 40 y 60 a 80%) ±3.5% Precisión (40 a 60%) ±3.0%
Temperatura	Rango -40 a 70°C Precisión (-40 a -10°C / +40 a +70°C) ±2°C Precisión (-10 a +40°C) ±1°C Precisión (-40 a +14°C) ±3.6°C Precisión (+14 a +104°C) ±1.8°C
Punto de rocío (Temperatura)	Rango -40 a 70°C
Intervalo de registro	Precisión (25°, 40 a 100% HR) ±2.0°C (±4.0°C) Seleccionable desde 2 seg. hasta 24 h.
Temperatura trabajo	-35 a 80°C
Tipo de batería	3.6V de litio (1/2AA) SAFT LS14250, Tadiran TL-5101 o equivalente
Duración batería	Aproximadamente 1 año dependiendo del intervalo de registro de datos y el uso de los LEDs de alarma
Dimensión / Peso	101x25x23mm / 172g

BacotA

Control Systems

STHB-5 SONDA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA BASICA

DESCRIPCIÓN:

Las sondas STHB-5 deben medir la temperatura y la humedad relativa suministrando un voltaje entre 0 y 1 Vcc., equivalentes a 0...100°C para temperatura, y 0,958Vcc. a 4,0257Vcc. equivalentes a 0...100% para HR%.

CARACTERÍSTICAS:

- Temperatura 0-100 °C, Salida 0...1 Vcc.
- Humedad Relativa 0-100%, Salida 0,958Vcc. a 4,0257Vcc.
- Alimentación: **4,5 a 5 Vcc.**, < 0,2A., Consumo: 3mA.
- Precisión: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y $\pm 3\%$.
- Caña: Acero inoxidable A304.

INSTALACIÓN:

- 1º Fijar la sonda con brida y soporte en posición vertical el cable hacia arriba los sensores hacia abajo, empalmar con **cable APANTALLADO** a ser posible con maya de cobre (papel de aluminio NO).
- 2º Comprobando polaridad y colocar los cables + (BLANCO) y - (NEGRO) de alimentación a 5 Vcc.
- 3º Conectar el cable de salida para temperatura en el cable (MARRON).
- 4º Conectar el cable de salida para HR% en el cable (AMARILLO).
- 5º Comprobar que hay voltaje de la temperatura entre - (NEGRO) y (MARRON).
- 6º Comprobar que hay voltaje de HR% entre - (NEGRO) y (AMARILLO).

FUNCIONAMIENTO:

Una vez instalada la sonda debe suministrar un voltaje entre - (NEGRO) y (MARRON) de 0 a 1 Vcc. equivalente a 0...100°C de **TEMPERATURA**. Y entre - (NEGRO) y (AMARILLO) de 0,958Vcc. a 4,0257Vcc. equivalente a 0...100% de **HUMEDAD RELATIVA**.

La comprobación es muy sencilla basta alimentar la sonda con a 5 Vcc. +(BLANCO) y - (NEGRO) poner un voltímetro - (NEGRO) y (MARRON) y tocar el sensor con la mano para ver con el voltaje de la temperatura sube, y para la humedad relativa - (NEGRO) y (AMARILLO) podemos emplear un el vaho del aliento para que la HR% suba y a su vez el voltaje.

CONSIDERACIONES:

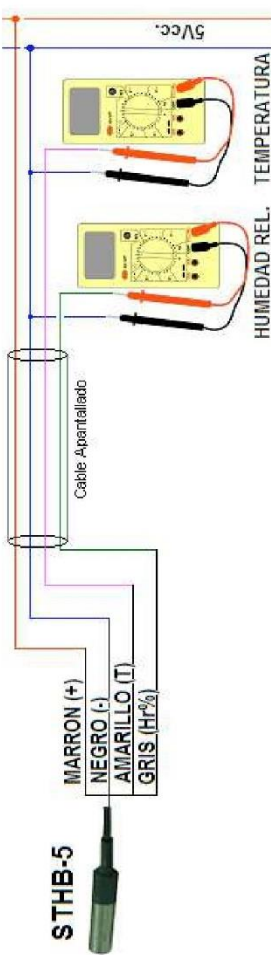
El cable o manguera debe ser **APANTALLADO** a ser posible con maya de cobre (papel de aluminio NO) y debe pasar a una distancia mínima de 0,5 mts. de cualquier cable que suministre una potencia mayor de 1 Kw. El cable debe tener una sección mínima de 1 mm² para tiradas de hasta 60 mts., de 1,5 mm² hasta 170 mts. y de 2 mm² para tiradas de hasta 340 mts. Esta sonda es muy sensible si detecta variaciones bruscas de voltaje en la lectura de los sensores es porque tiene problemas de inducciones electromagnéticas, para solucionarlo puede poner un condensador electrolítico de 100mF 10Voltios entre - (NEGRO) y (MARRON) ó - (NEGRO) y (AMARILLO).

GARANTIA E INCIDENCIAS TÉCNICAS:

Todas las sondas BacotA tienen garantía de 2 años en piezas y mano de obra. Quedando exentos de ésta, averías o fallos producidos por causas ajenas al circuito, conexión, instalación, tensión o manipulación inadecuada.

Para contactar con el departamento técnico diríjase a:
bacota@bacota.es - Tel:+34 963820550 Mov.+34 629608563

www.bacota.es



Temperatura		Humedad	
'0 -100°	Vcc	'0 -100%	Vcc
0	0.0000	0	0.9580
5	0.0500	5	1.1114
10	0.1000	10	1.2648
15	0.1500	15	1.4182
20	0.2000	20	1.5715
25	0.2500	25	1.7249
30	0.3000	30	1.8783
35	0.3500	35	2.0317
40	0.4000	40	2.1851
45	0.4500	45	2.3385
50	0.5000	50	2.4919
55	0.5500	55	2.6452
60	0.6000	60	2.7986
65	0.6500	65	2.9520
70	0.7000	70	3.1054
75	0.7500	75	3.2588
80	0.8000	80	3.4122
85	0.8500	85	3.5655
90	0.9000	90	3.7189
95	0.9500	95	3.8723
100	1.0000	100	4.0257

STHx-10 Sonda de temperatura y humedad relativa

STHB-5



www.bacota.es



**STHx-10 SONDA DE
TEMPERATURA Y
HUMEDAD RELATIVA
EXTERIOR**

DESCRIPCIÓN:

Las sondas STHx-10 deben medir la temperatura y la humedad relativa suministrando un voltaje entre 0 y 10 Vcc., equivalentes a 0...100°C para temperatura (borna 1), y 0...100% para HR%. (borna 2).

CARACTERÍSTICAS:

- Temperatura 0-100 °C, Salida 0...10 Vcc.
- Humedad Relativa 0-100%, Salida 0...10 Vcc.
- Alimentación: 24 Vcc. $\pm 3\%$, < 1,5A., Consumo: 7 mA.
- Precisión: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ y $\pm 3\%$.
- Caja: Plástico ABS protección IP30 para STHA-10.
- Caja: Plástico ABS protección IP65-STHE-10 y STHC-10.
- Caña: Acero inoxidable A 304 para STHE-10 y STHC-10.

INSTALACIÓN:

- 1º Fijar la sonda a la pared con los tirafondos y tornillos suministrados pasar **cable APANTALLADO**.
- 2º Comprobando polaridad y colocar los cables + y - de alimentación a 24 Vcc.
- 3º Conectar el cable de salida para temperatura en la borna 1.
- 4º Conectar el cable de salida para HR% en la borna 2.
- 5º Comprobar que hay voltaje de la temperatura entre - y la borna 1.
- 6º Comprobar que hay voltaje de HR% entre - y la borna 2.

FUNCIONAMIENTO:

Una vez instalada la sonda debe suministrar un voltaje entre las bornas - y **1** de 0 a 10 Vcc. equivalente a 0...100°C de **TEMPERATURA**. Y entre las bornas - y **2** de 0 a 10 Vcc. equivalente a 0...100% de **HUMEDAD RELATIVA**.

La comprobación es muy sencilla basta poner un voltímetro (- y 1) y tocar el sensor con la mano para ver con el voltaje de la temperatura sube, y para la humedad relativa (- y 2) podemos emplear un el vaho del aliento para que la HR% suba y a su vez el voltaje.

CONSIDERACIONES:

El cable o manguera debe ser **APANTALLADO** y debe pasar a una distancia mínima de 0,5 mts. de cualquier cable que suministre una potencia mayor de 2 Kw. El cable debe tener una sección mínima de 0,5 mm² para tiradas de hasta 60 mts., de 1 mm² hasta 170 mts. y de 1,5 mm² para tiradas de hasta 340 mts.

GARANTIA E INCIDENCIAS TÉCNICAS:

Todas las sondas Bacota tienen garantía de 2 años en piezas y mano de obra. Quedando exentos de ésta, averías o fallos producidos por causas ajenas al circuito, conexión, instalación o manipulación inadecuada.

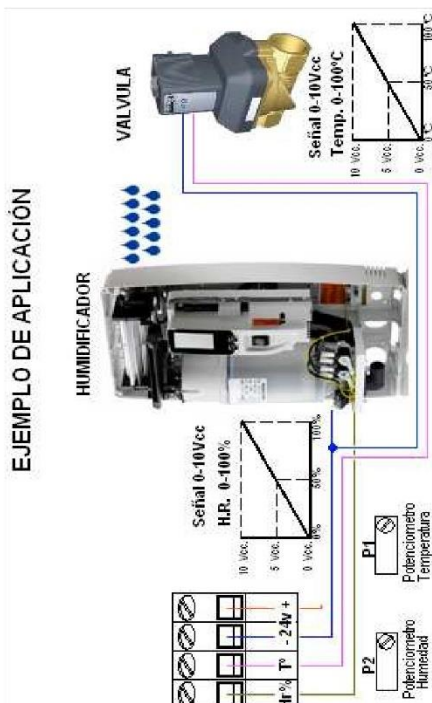
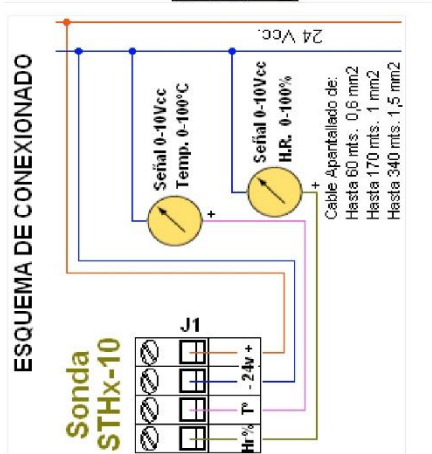
Para contactar con el departamento técnico diríjase a:
bacota@bacota.es - Tel:+34 963820550 Mov.+34 629608563

www.bacota.es

**STHx-10 Sonda de
Temperatura y
Humedad Relativa**



www.bacota.es



BacotA Control Systems

La VENTAJA de ser FABRICANTES
Tel 963820550 Fax 963852736 Mov. 629608563

STHx-10

Precios ultimas paginas

SONDA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.....



bacota@bacota.es

DESCRIPCIÓN

Las sondas STHx-10 están fabricadas para medir temperatura y humedad relativa en las condiciones más extremas y con gran precisión.

Son aptas para entornos **industriales** comerciales y domésticos, puede reemplazar (**desde 56 Euros**) a cualquier sonda del mercado con señal **0...10Vcc.**, **4...20mA**. ó **resistiva**, y conectarse a cualquier **sistema de control o autómatas**.

STHC Sonda de Conducto



STHE Sonda de Exterior



STHA Sonda de Ambiente



CARACTERÍSTICAS

Características STHx10:

- Temperatura entre **-50...60 °C**, Salida 0...10 Vcc. (standard)
- Humedad Relativa **0 a 100%**, Salida 0...10 Vcc. (standard)
- Alimentación: 24 ó 12Vcc. ±3% , < 1,5A., Consumo: 7 mA.
- Precisión: Temp. ±0,5°C - Hr% ±5%.
- Caja: Plástico ABS de 2,5 mm. Cumple directivas RoHS.
- Caña: Acero inoxidable pulido A316 (STHE10 y STHC10).
- El modelo ambiente STHA10 tiene una protección IP-30, los modelos de exterior STHE10 y conducto STHC10 son IP65.

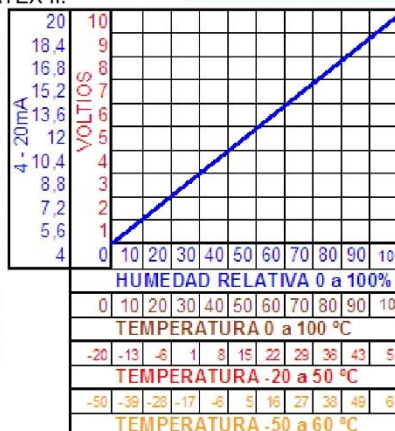
Opciones:

- **Temperatura** desde: -200 hasta + 2.400°C
- Sensores: Termopar, PT100, PT1000 ó Ni1000.
- Otros Rangos Temp.: **-60...50°C**, -200...30°C, 0...1.200°C...
- Otras Salidas: 4...20mA, 0...20mA, 0...5V, 0...1V, 2...10V. Resistiva 0...10K, **ModBus, Ethernet, RS232, RS485** y USB. **(con software gratis)**
- Otros Rangos configurables: 30...70% , **0...100% con condensación.**
- Otras Salidas: 4...20mA, ModBus, Ethernet, RS232 y RS485.
- Ejecución especial para zonas clasificadas ATEX II.

DISEÑO

En estas sondas hay dos circuitos independientes, el de humedad relativa que consisten en un integrado lineal del tipo capacitivo que varia su capacidad de almacenar corriente en función de la humedad relativa que contienen sus paredes, y el sensor de temperatura que también es un circuito integrado lineal de alta precisión que varia la tensión suministrada en función a la temperatura a la que esta expuesto.

En ambos circuitos se acondiciona la señal de salida a 0...10Vcc.(standard) para que puedan ser leida por **todos los sistemas de control del mercado.**

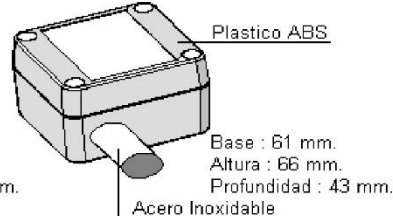


DIMENSIONES

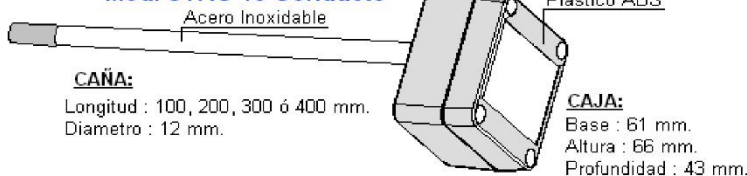
Mod. STHA-10 Ambiete



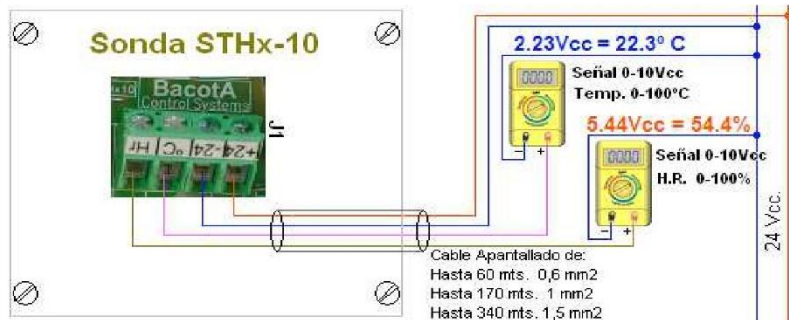
Mod. STHE-10 Exterior



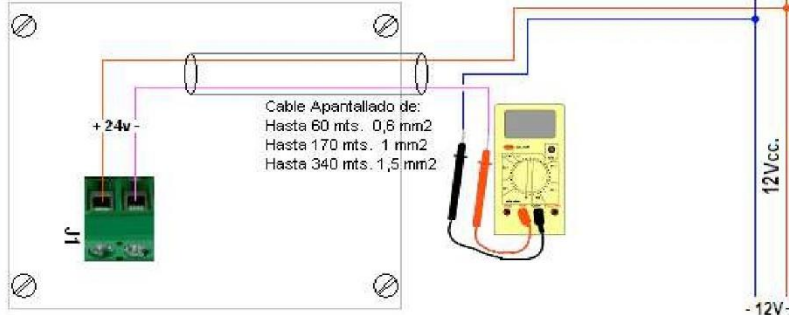
Mod. STHC-10 Conducto



Conexionado 0-10Vcc



Conexionado 4-20mA



Conexionado Hum.Ab.



CENTRALITA DE CONTROL MONITORIZACIÓN SAN NICOLÁS.

Bacota

Control Systems

La VENTAJA de ser FABRICANTES

TactilRoom

Sistema multipantallas

TactilRoom....

Precios SEPTIEMBRE
 en las ultimas paginas

bacota@bacota.es
DESCRIPCIÓN

Desde hace más de 25 años llevamos el control de maquinaria, edificios e industrias, para nosotros siempre a sido de gran ayuda las pantallas táctiles. Hoy en día con la disminución de los precios pensamos que ya se puede dotar a nuestros sistemas de control distribuido de un buen inteface gráfico a bajo coste.

TactilRoom se puede configurar para control de accesos por proximidad, huellas, maquinaria, iluminación, intensidades, escenas, fancoil, climatizadores, plantas enfriadoras, compuertas V.A.V., persianas, cortinas, cámaras CCTV, video-portero, videoconferencia, acceder a Internet, etc. únicamente moviendo un dedo sobre la pantalla táctil.

A cada TactilRoom se le puede acoplar una antena WiFi o Bluetooth para poder acceder a él desde teléfonos móviles, PDA's, mandos, etc.

CARACTERÍSTICAS**Características TactilRoom:**

- Alimentación: 220Vca. $\pm 3\%$, Consumo: 12 W, en reposo, 19W. pantalla encendida.
- Microprocesador de 32 bits. con sistema Fanlees (sin ventiladores)
- Plástico ABS de 2,5 mm. Cumple directivas RoHS.
- Protección de permeabilidad IP45 (opcional IP65).
- Salida VGA o DVI para la visualización en monitores o televisores.

Modelos de Entradas/Salidas con Módulos:

- 8 Salidas Digitales (Relé 5A, 220 V).
- 8 Entradas Digitales (desde 12-250 V).
- 8 Salidas Analógicas (8 bits)
- 8 Entradas Analógicas (12 bits).
- 0-2,5V., 0-10V., 4-20mA., 0-20mA., 10K.
- Capacidad de almacenamiento modelo básico 40 años para 16 entradas, ampliable.
- Conectividad del modelo básico dos puertos serie RS232, un puertos Ethernet RJ45, cuatro puertos USB, opcional RS485 y Fibra Optica.

En el TactilRoom se pueden integrar los protocolos registrados Modbus, Profibus, CANopen, LonWorks, EIB, Profibus, etc.

El protocolo ABIERTO BacotaDesigner (SCADA) deja toda la información y sus variables abiertas.

- Servidor WEB.

DISEÑO

Las pantalla del sistema TactilRoom tiene un diseño atractivo y están pensadas para sustituir a pulsadores, interruptores, termostatos, tarjeteros, teclados, etc.

El acabado inicial es de color negro antracita, tambien disponible en otras terminaciones y modelos estancos (IP65).



Bacota Control Systems, S.L.

Tel: 963820550

bacota@bacota.eswww.bacota.es

MEDIDOR DE TEMPERATURA A DISTANCIA Y HR.



Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
 Protocollo di collaudo • Informe de calibración

Gerät / Module type /
 Modèle / Modelo:

testo 835-H1

Messbereich / Measuring range /
 Etendue de mesure / Rango de medición :

IR : -30...600°C
 Humidity : 0...100%
 Contact : -50...600°C

Serien-Nr. / Serial no. /
 N°. de série / Número de serie:

43102178

Segmenttest / Display test /
 Test d'affichage / Test del visualizador:

OK

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:			
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida :	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :	
79.9 °C	±1.0 °C	80.2 °C	
348.8 °C	±3.5 °C	349.6 °C	
45.3 %rH	±2.0 %rH	45.2 %rH	
80.0 °C	±0.5 °C	80.2 °C	

J. Young
 Prüfer / Inspector /
 Responsable / Verificador



testo 835

Infrarot- und Kontaktthermometer
 Infrared and contact thermometer
 Thermomètre infrarouge et à contact
 Termómetro de contacto e infrarrojo
 Termometro a infrarossi e a contatto
 Infrarood- en contactthermometer
 Инфракрасный термометр

Bedienungsanleitung
 Instruction manual
 Mode d'emploi
 Manual de instrucciones
 Manuale di istruzioni
 Handleiding
 Руководство по эксплуатации

de
 en
 fr
 es
 it
 nl
 ru



4. Datos técnicos

Características	Valores
Medición infrarrojo	
Óptica	50:1 + Diámetro apertura sensor (24 mm)
Banda de espectro	8 a 14 µm
Tipo de láser	Láser de 4 puntos
Potencia / longitud de onda	< 1mW / 8 – 14 µm
Clase / norma	2 / EN 60825-1:2007
Rango de medición	T1 / HI: -30...+600 °C TZ: -10...+1500 °C
Resolución	0.1 °C/°F
Precisión (L1 dígito)	T1 / HI: ±2,5 °C (-30,0...-20,1 °C) ±1,5 °C (-20,0...-0,1 °C) ±1,0 °C (0,0...+99,9 °C) ±2,0 °C ±1 % del valor medido (valor es el mayor valor)
Intervalo de medición	TZ: 0,5 s
Medición de contacto	
Tipo de sensor	termopar tipo K (conectable)
Rango de medición	T1 / HI: -50...+600 °C TZ: -50...+1000 °C
Resolución	0,1 °C/°F
Precisión (L1 dígito)	±0,5 °C + 0,5 % del valor medido
Intervalo de medición	0,5 s
Medición de humedad (solo con HI)	
Rango de medición	0...100%HR (a -20...+50 °C)
Resolución	0,1 % HR (humedad) 0,1 °C/°F (temperatura) ±0,2 °C/°F (temperatura de rocío) ±0,5 °C
Precisión (L1 dígito)	±0,5 °C
Intervalo de medición	0,5 s
Información básica	
Temperatura de trabajo	-20...+50 °C
Temp transporte/alimentación	-30...+50 °C
Alimentación de tensión	3 pilas tipo AA o mediante conexión USB (solo con el programa EasyClimate)
Duración de la batería	25 h (típica a 25 °C sin láser ni iluminación de pantalla) 10 h (típica a 25 °C sin iluminación de pantalla)
Carcasa	ABS-PC
Dimensiones	133 x 106 x 63mm
Peso	117 / 12: 144 g (pilas incluidas) 122: 127 g (pilas incluidas)
Dirección CE	2004/1083/ES
Garantía	2 años, véase condiciones en: www.testo.com/warranty

5. Descripción del producto



- 1 Objetivo sensor infrarrojo (IR)
- 2 Láser de 4 puntos para marcado de zona de medición
- 3 Sensor de humedad ambiental, sensor de temperatura ambiente (solo HI)
- 4 Disparador (medir, encender)
- 5 Compartimento de las pilas
- 6 Interfaz USB, terminal de conexión para sonda termopar (TP)
- 7 Teclas de manejo:
 - [ON]: Encender/apagar el instrumento
 - [HOLD]: Guardar valores medidos
 - [ESC]: Abrir menú de emisividad
 - [ESC]: Volver
 - [J]: Joystick de 5 movimientos (Pulsar [A], arriba [B], abajo [C], izquierda [D], derecha [E]). Abrir menú de configuración, confirmar, navegar
- 8 Pantalla



Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
 Protocollo di collaudo • Informe de calibración

Gerät / Module type /

Modèle / Modelo:

testo 835-H1

Messbereich / Measuring range /

Etendue de mesure / Rango de medición :

IR : **-30...600°C**

Humidity : **0...100%**

Contact : **-50...600°C**

Serien-Nr. / Serial no. /

N°. de série / Número de serie:

43102178

Segmenttest / Display test /

Test d'affichage / Test del visualizador:

OK

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida :	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :
IR:		
79.9 °C	±1.0 °C	80.2 °C
348.8 °C	±3.5 °C	349.6 °C
Humidity:		
45.3 %rH	±2.0 %rH	45.2 %rH
Contact:		
80.0 °C	±0.5 °C	80.2 °C

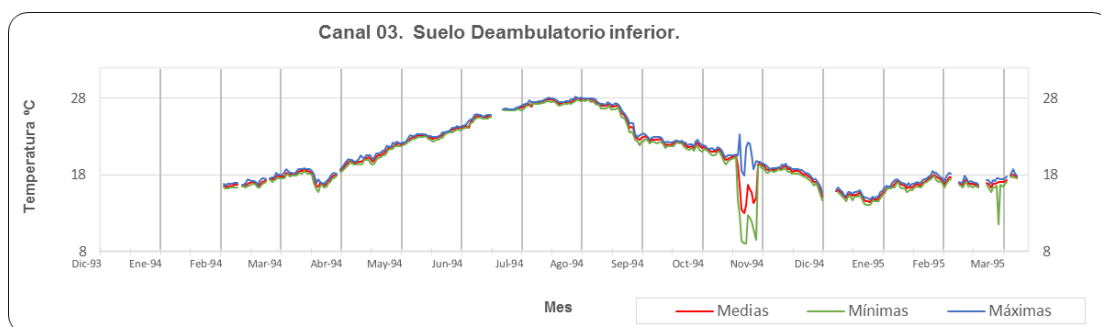
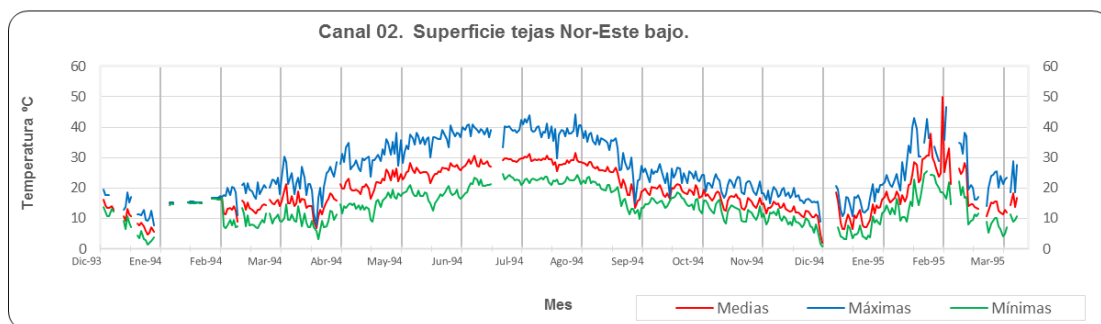
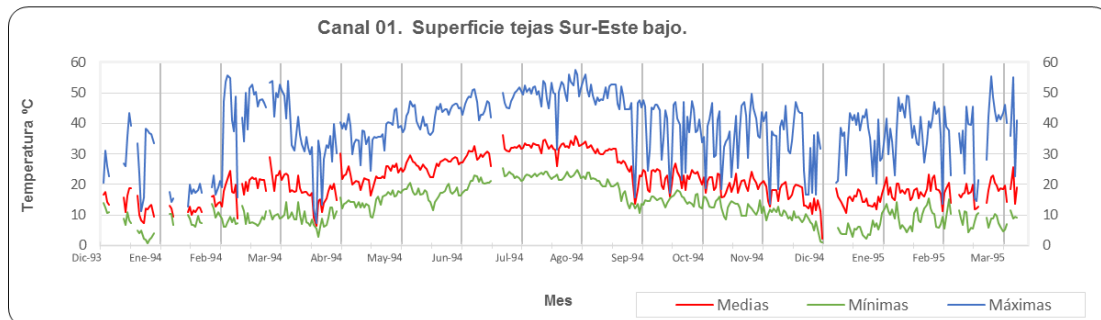
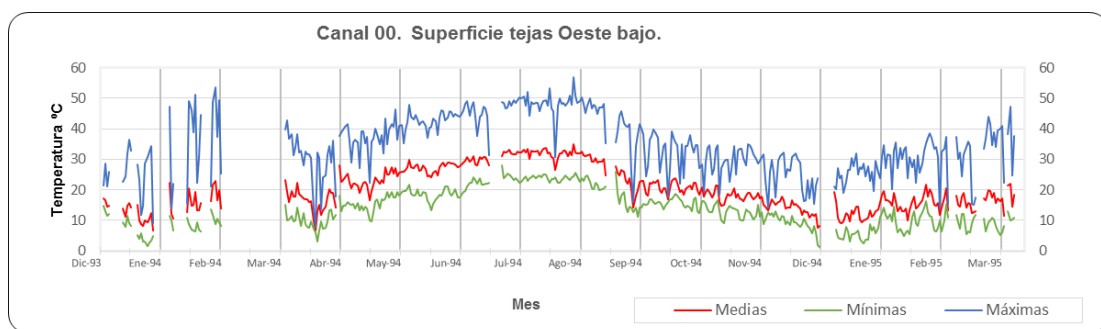
J. Young

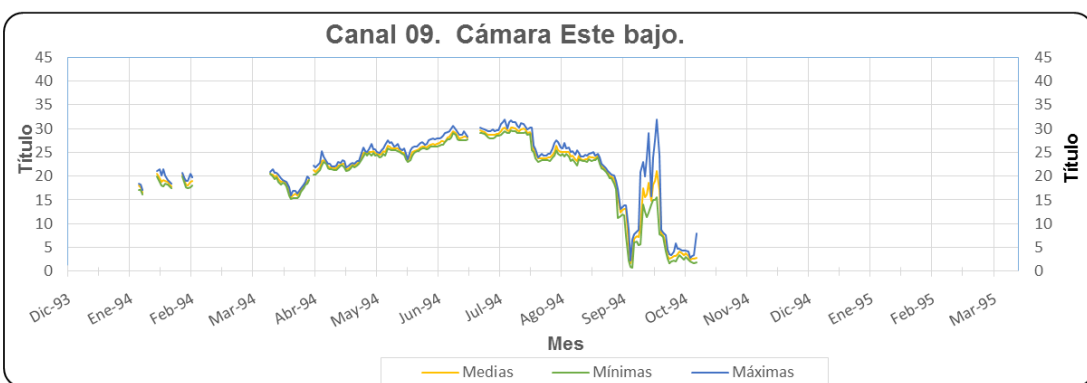
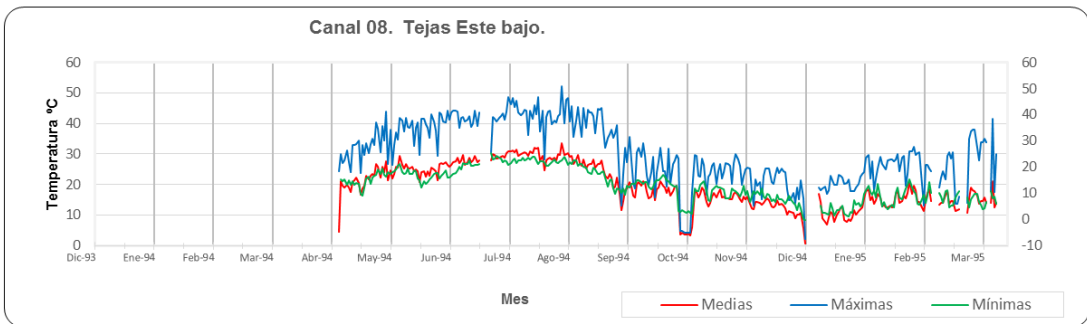
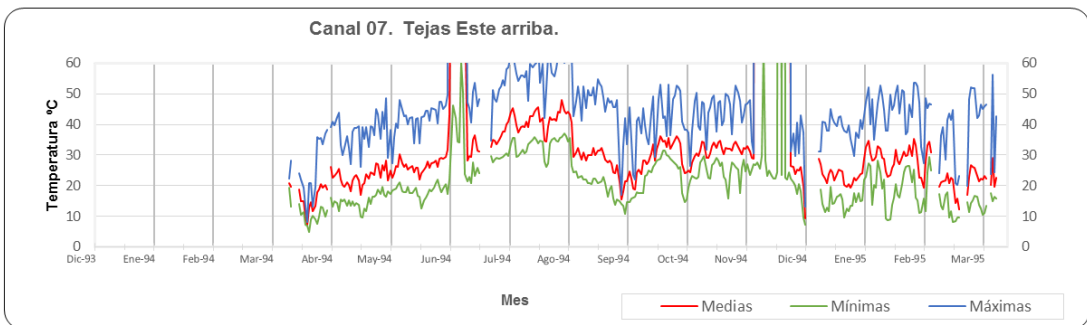
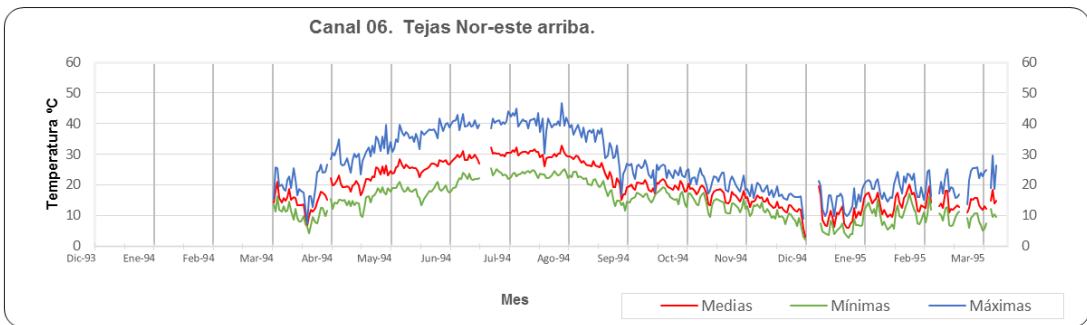
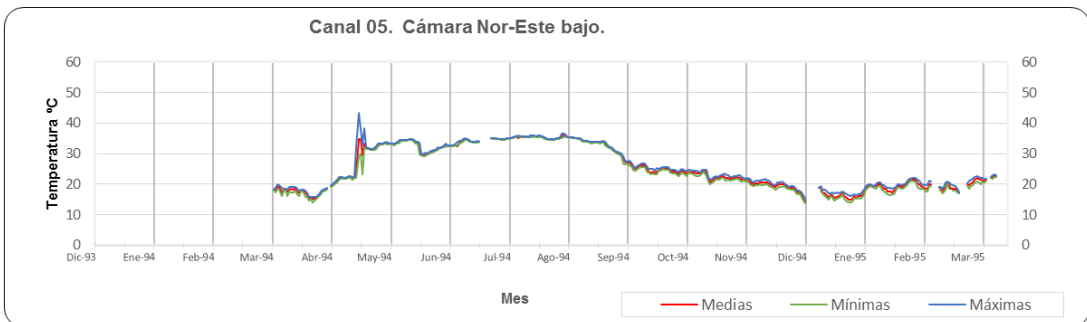
Prüfer / Inspector /
 Responsable / Verificador

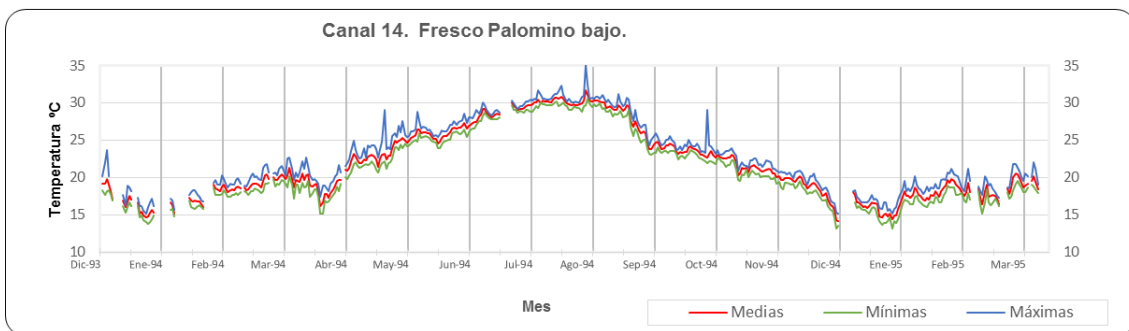
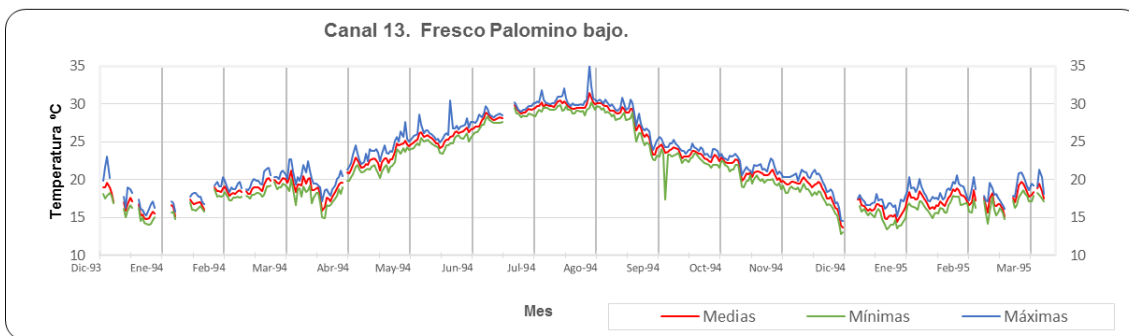
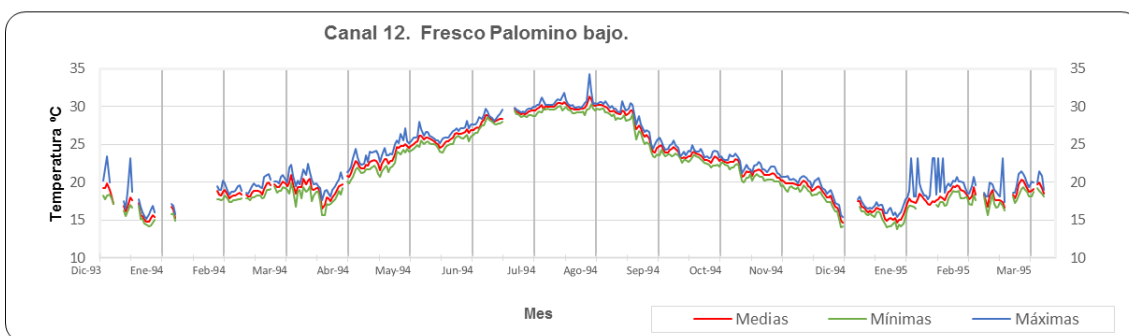
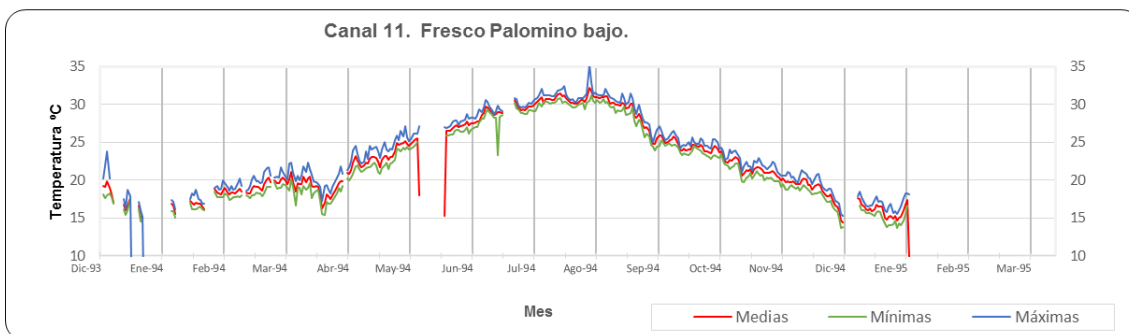
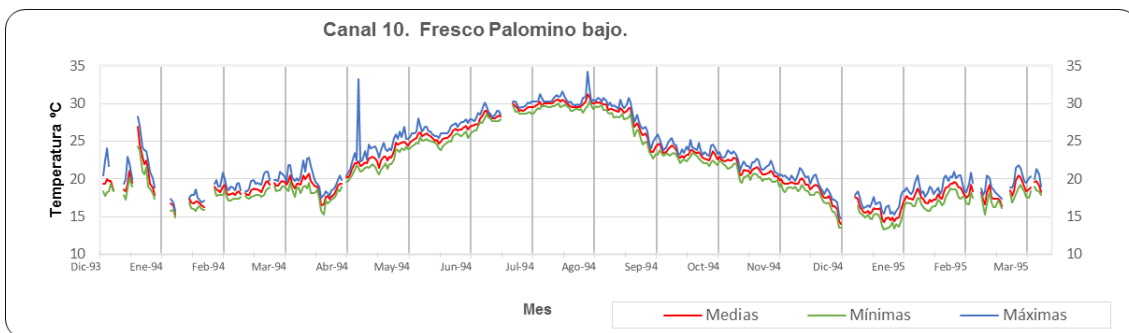
ANEXO 2: Documentación Basílica de la Virgen.**CAMPAÑA DE MEDIDAS AÑO 1994-1995. BASÍLICA DE LA VIRGEN.**

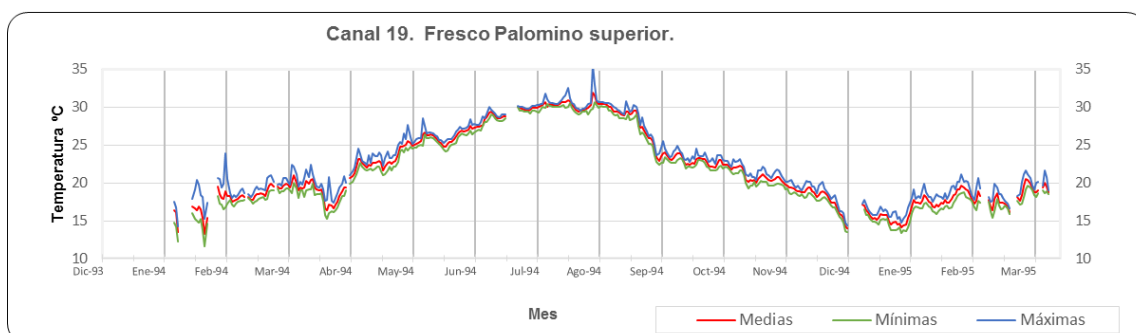
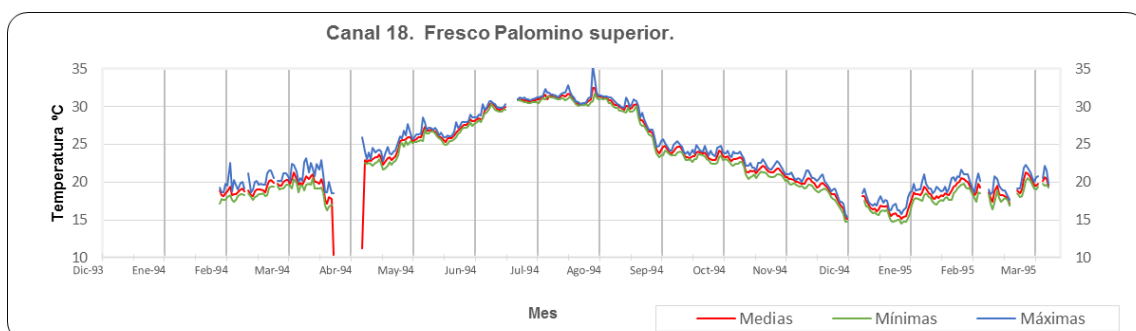
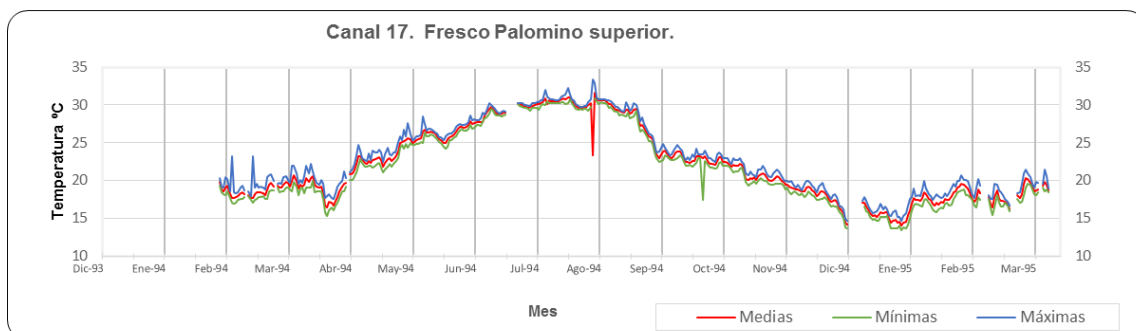
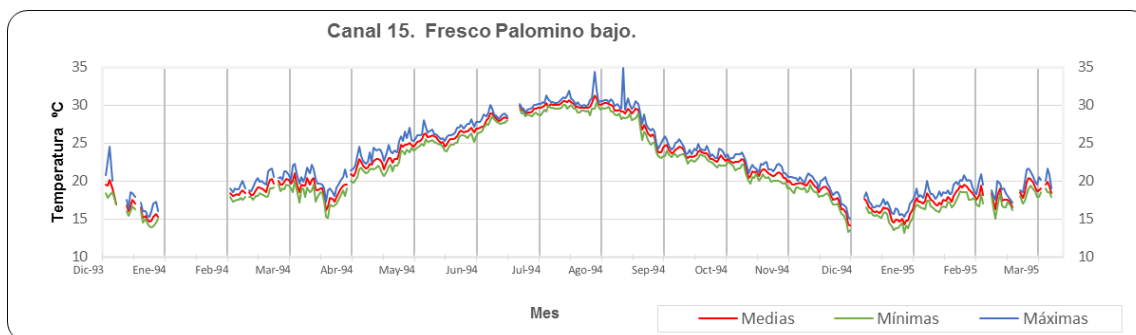
SITUACIÓN DE SENSORES		JULIO 1994	
Canal 00.	Superficie tejas Oeste bajo.	Canal 30.	Altar de la Virgen.
Canal 01.	Superficie tejas Sur-Este bajo.	Canal 40.	Altar de la Virgen.
Canal 02.	Superficie tejas Nor-Este bajo.	Canal 31.	Salida a Plaza de la Virgen.
Canal 03.	Suelo Deambulatorio inferior.	Canal 41.	Salida a Plaza de la Virgen.
Canal 04.	Cámara Nor-Este arriba.	Canal 32.	Alero tambor exterior Sur-Oeste.
Canal 05.	Cámara Nor-Este bajo.	Canal 42.	Alero tambor exterior Sur-Oeste.
Canal 06.	Tejas Nor-este arriba.	Canal 33.	Capilla de la Comunión.
Canal 07.	Tejas Este arriba.	Canal 43.	Capilla de la Comunión.
Canal 08.	Tejas Este bajo.	Canal 34.	Zona Centro Bajo la Iona.
Canal 09.	Cámara Este bajo.	Canal 44.	Zona Centro Bajo la Iona.
Canal 10.	Fresco Palomino bajo.	Canal 35.	Sacristía.
Canal 11.	Fresco Palomino bajo.	Canal 45.	Sacristía.
Canal 12.	Fresco Palomino bajo.	Canal 36.	Deambulatorio superior.
Canal 13.	Fresco Palomino bajo.	Canal 46.	Deambulatorio superior.
Canal 14.	Fresco Palomino bajo.	Canal 37.	Camarin de la Virgen.
Canal 15.	Fresco Palomino bajo.	Canal 47.	Camarin de la Virgen.
Canal 16.	Cámara Oeste bajo.	Canal 38.	Zona Centro medio Bóveda.
Canal 17.	Fresco Palomino superior.	Canal 48.	Zona Centro medio Bóveda.
Canal 18.	Fresco Palomino superior.	Canal 39.	Zona Centro superior Bóveda.
Canal 19.	Fresco Palomino superior.	Canal 49.	Zona Centro superior Bóveda.
Canal 20.	Tribuna superior derecha Altar.	Canal 50.	Cámara Sur-Este bajo.
Canal 21.	Alero tambor exterior Nor-Este.	Canal 51.	Cámara Este arriba.
Canal 22.	Pasillo Altar de San José.	Canal 52.	Tejas Oeste arriba.
Canal 23.	Sacristía.	Canal 53.	Fresco Palomino medio.
Canal 24.	Cámara Sur-Este arriba.	Canal 54.	Fresco Palomino medio.
Canal 25.	Fresco Camarín Sur.	Canal 55.	Fresco Palomino medio.
Canal 26.	Fresco Capilla Comunión Sur..	Canal 56.	Fresco Palomino medio.
Canal 27.	Fresco Capilla Comunión Norte..	Canal 57.	Fresco Camarín Norte.
Canal 28.	Capilla Cristo del Feliz Tránsito.	Canal 58.	Bajo-teja Sur-Este.
Canal 29.	Tejas Sur-Este arriba.	Canal 59.	Balcón exterior-oeste.

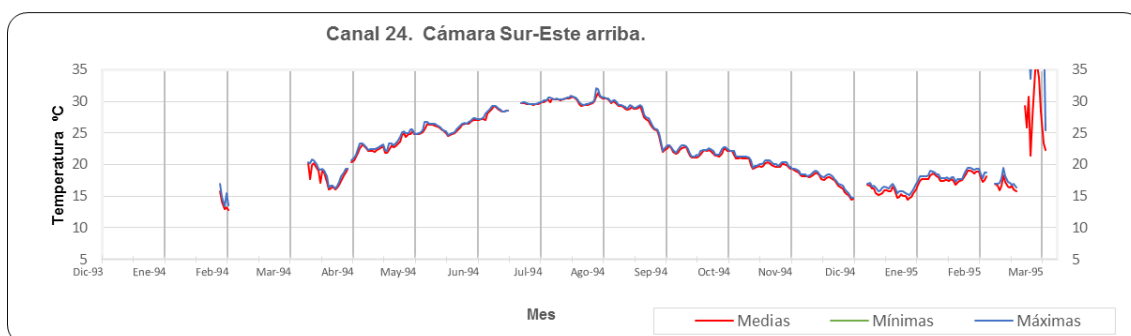
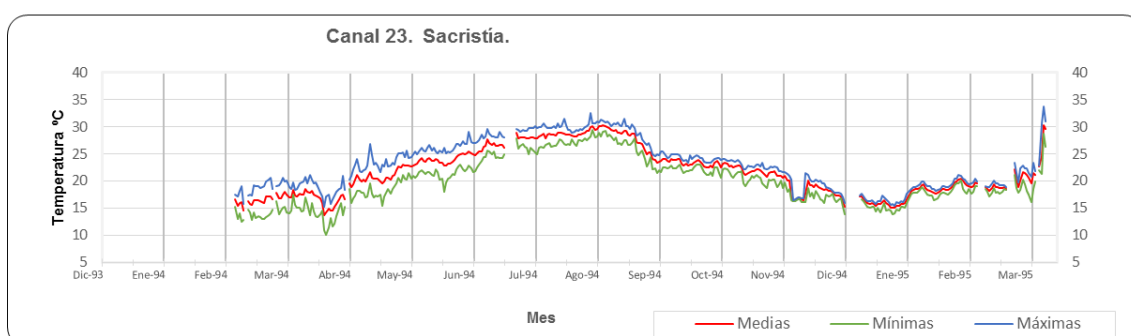
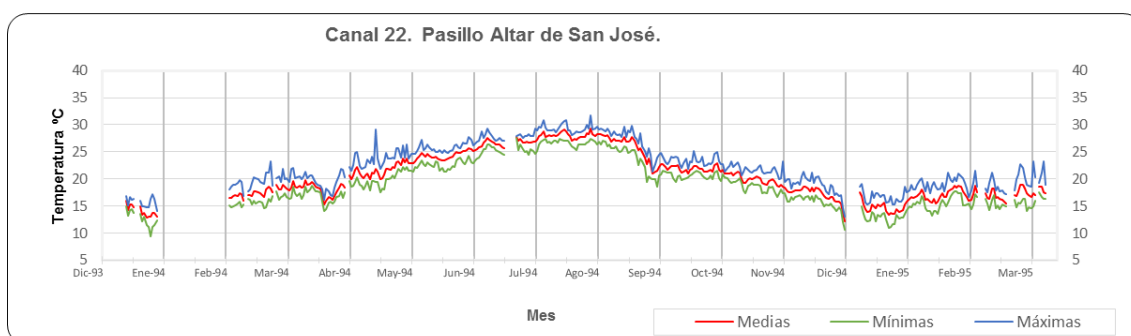
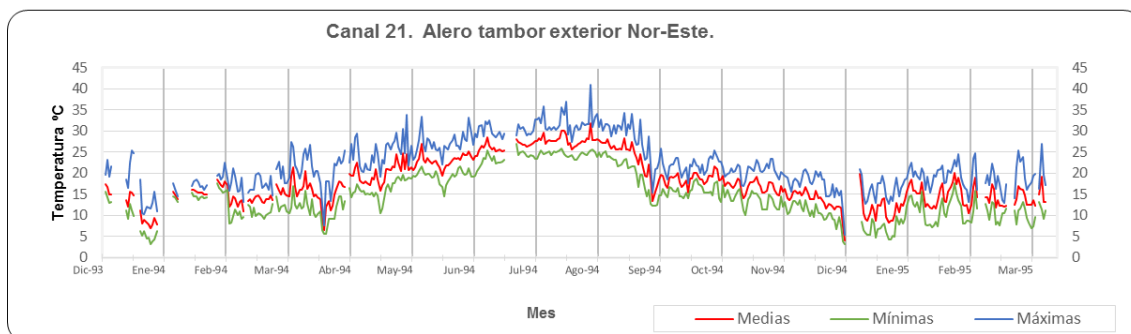
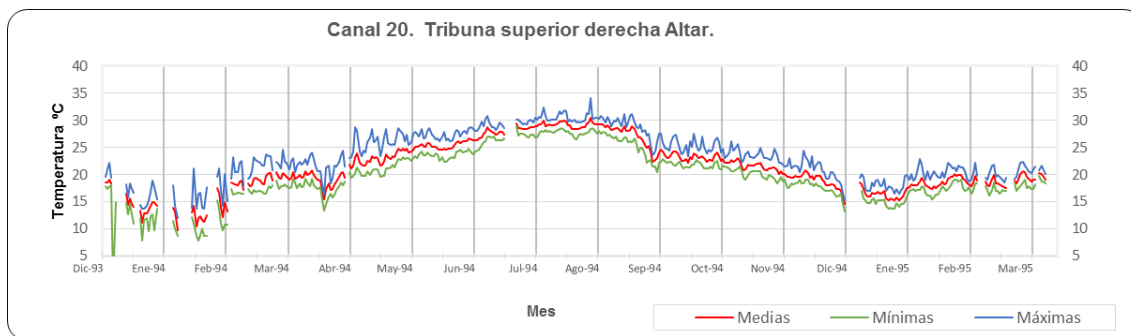
**GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN MINIMAS-MEDIAS-MÁXIMAS DIARIAS.
AÑO 2000. BASÍLICA DE LA VIRGEN DE VALENCIA.**

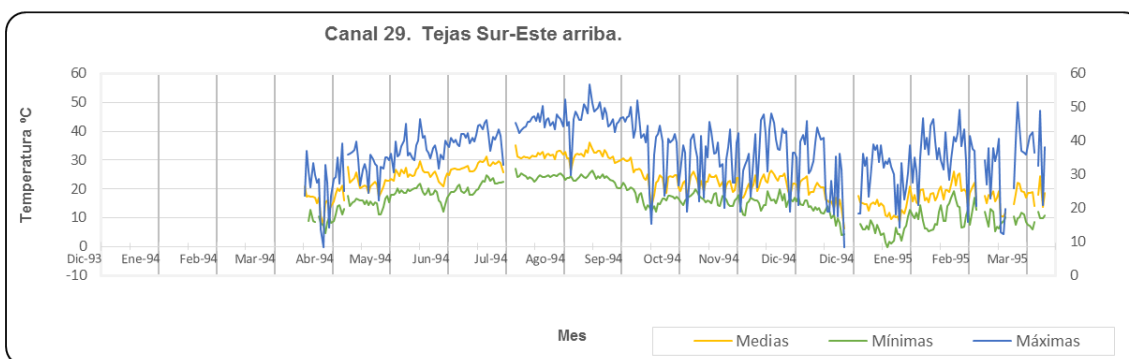
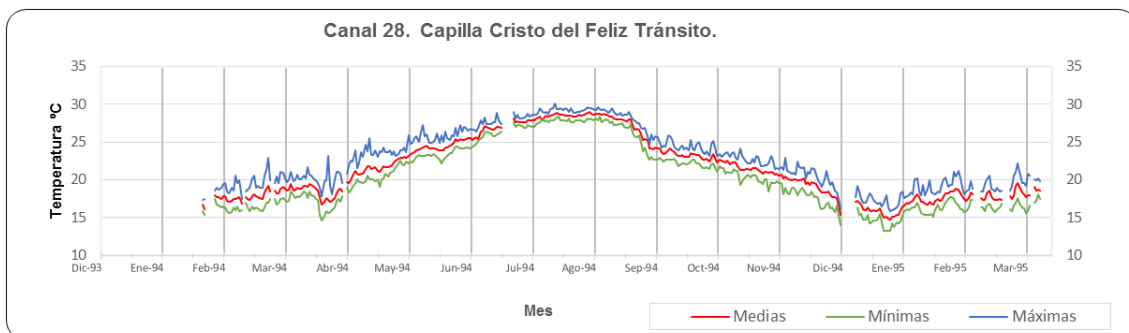
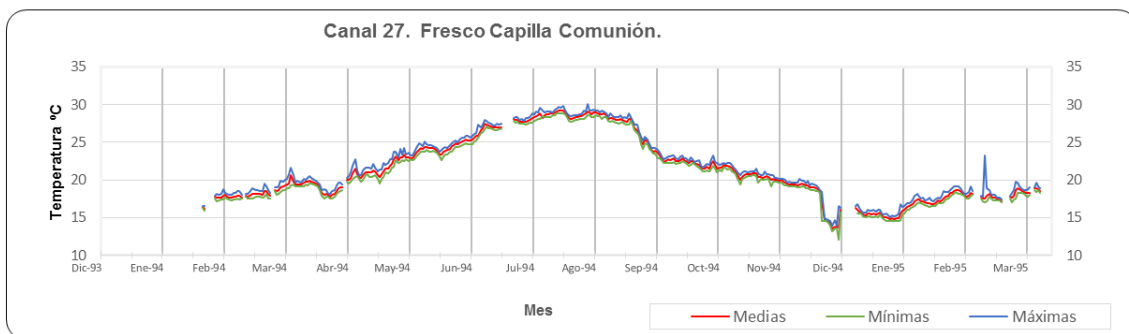
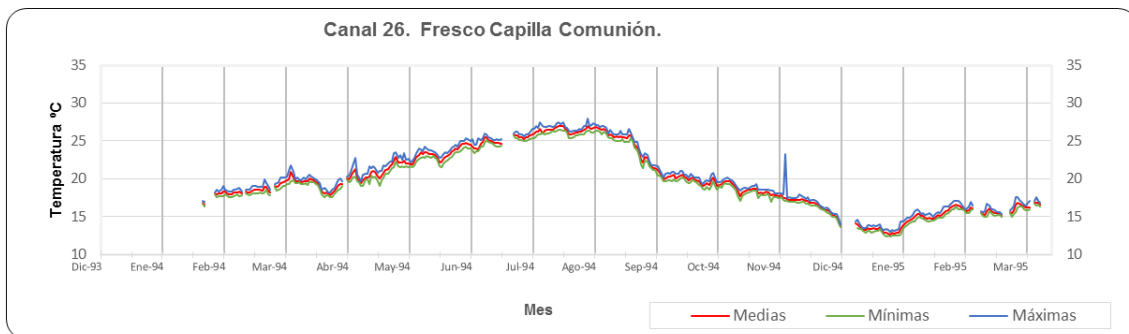
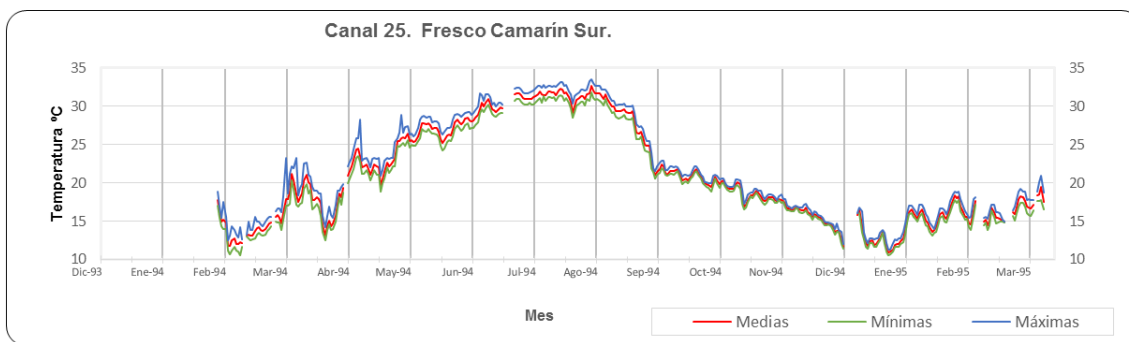


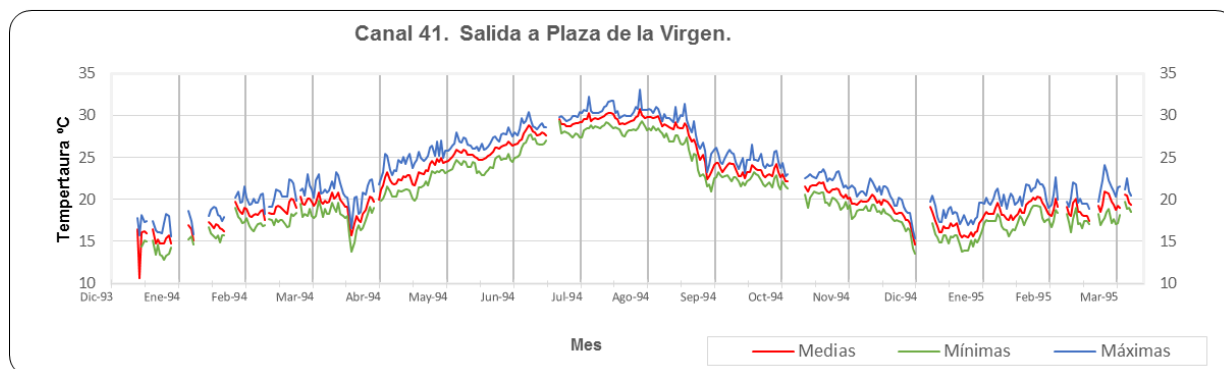
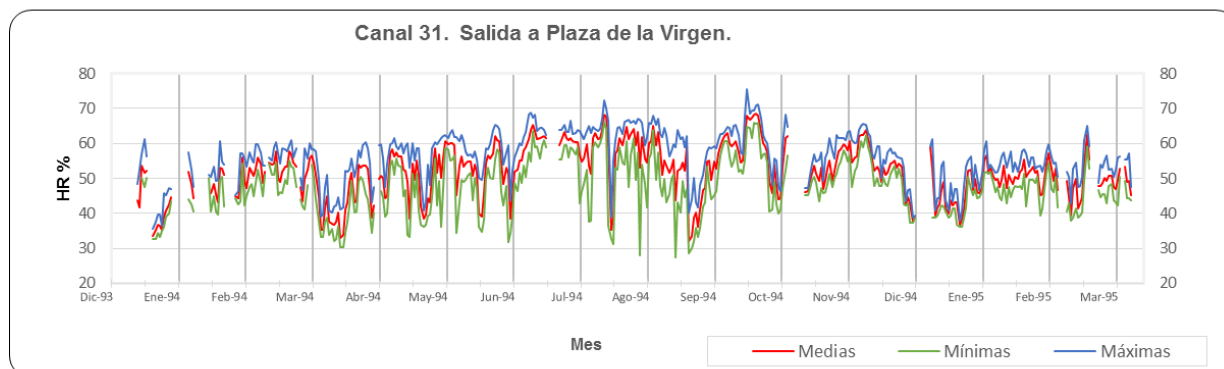
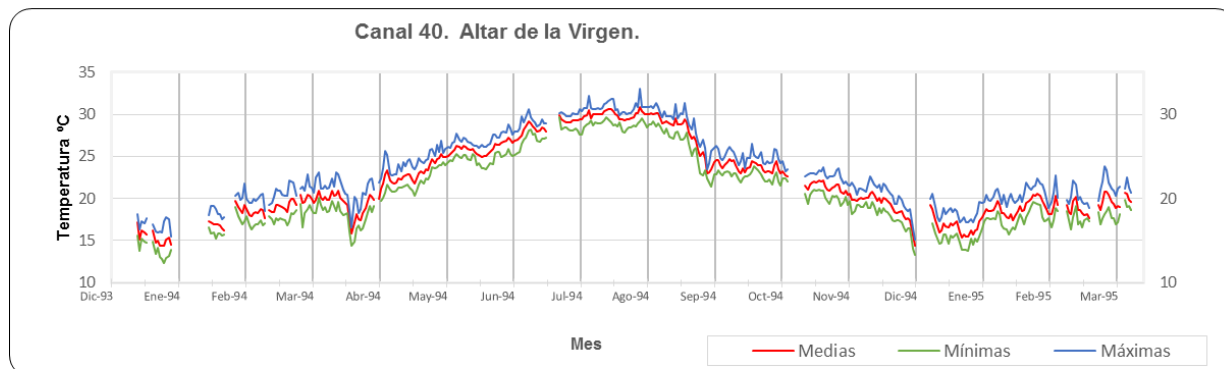
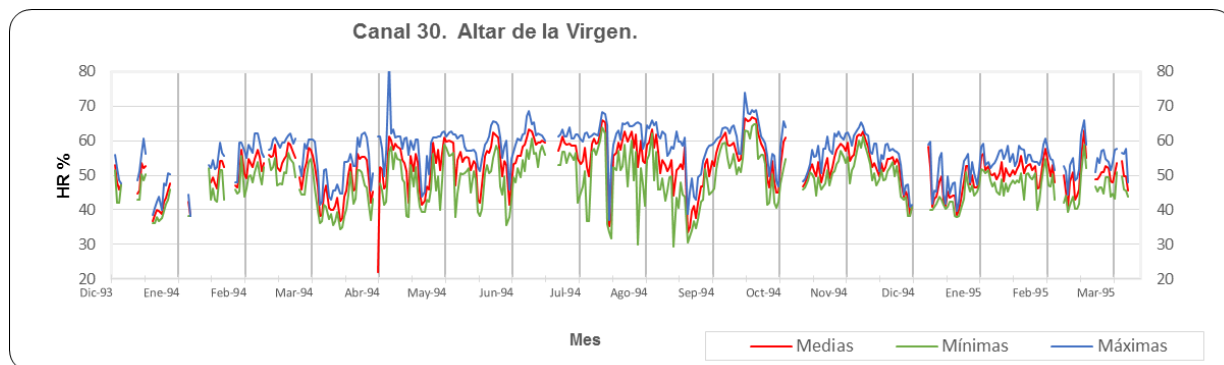


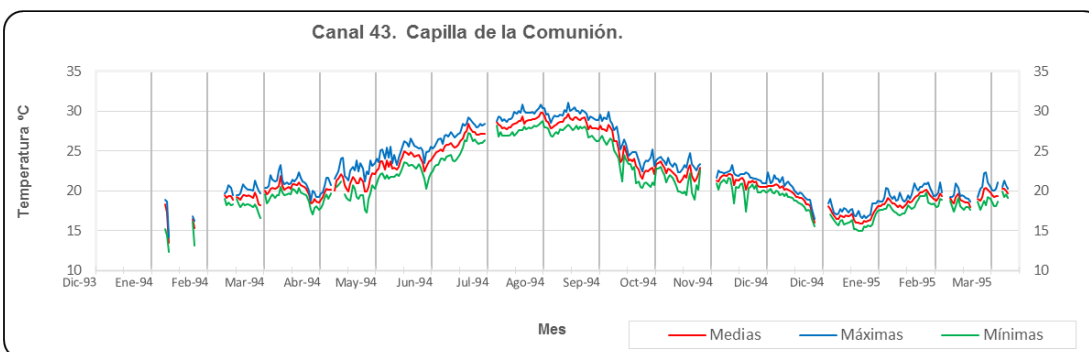
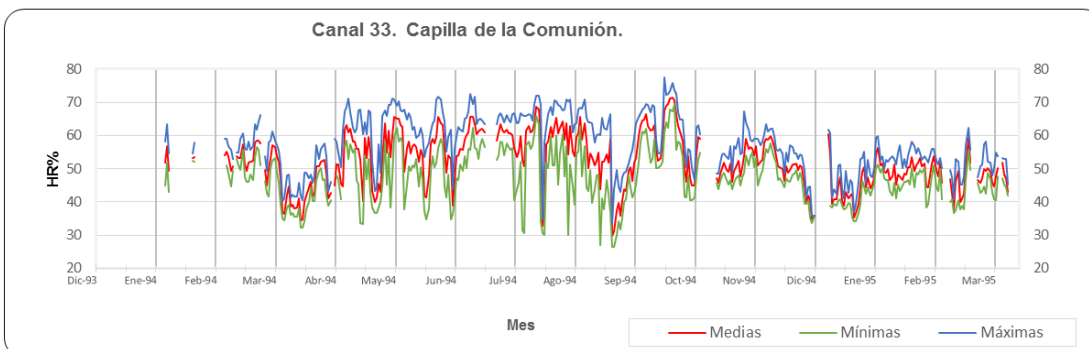
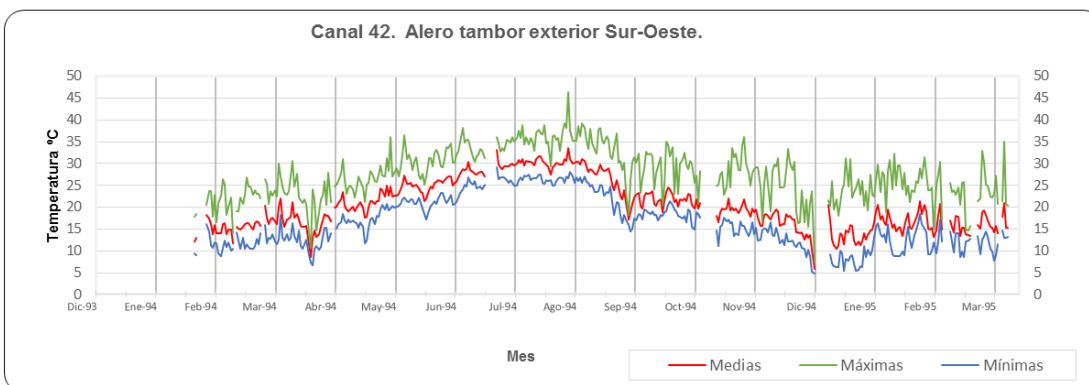
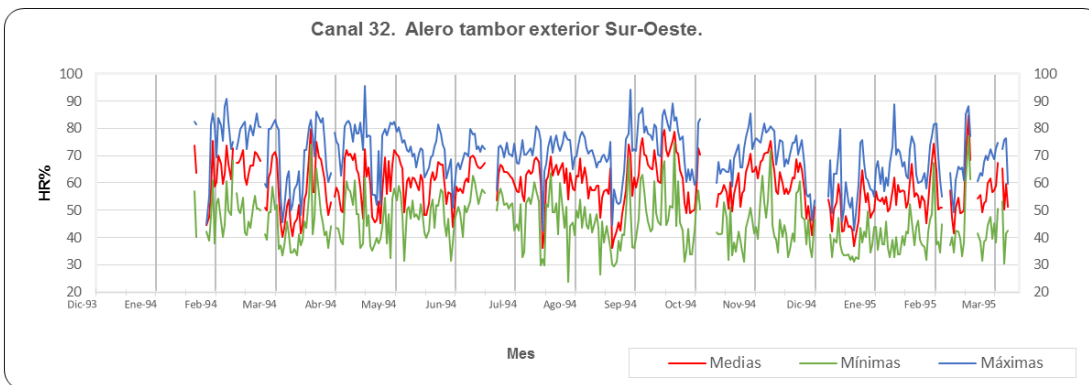


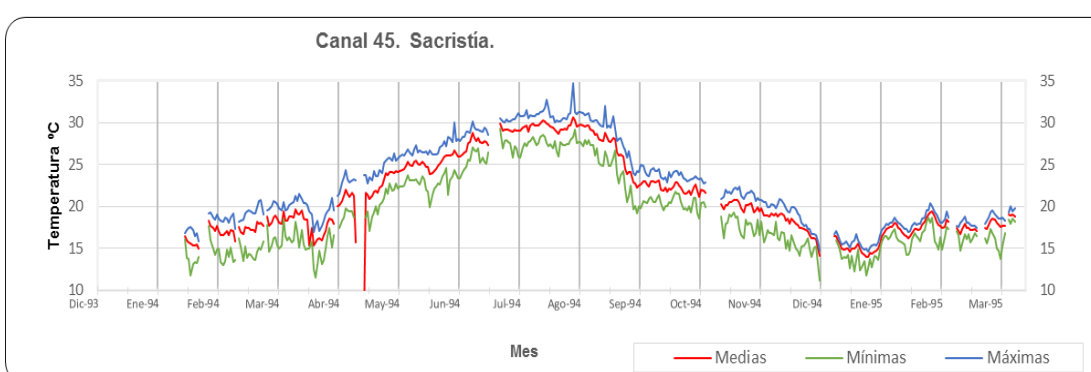
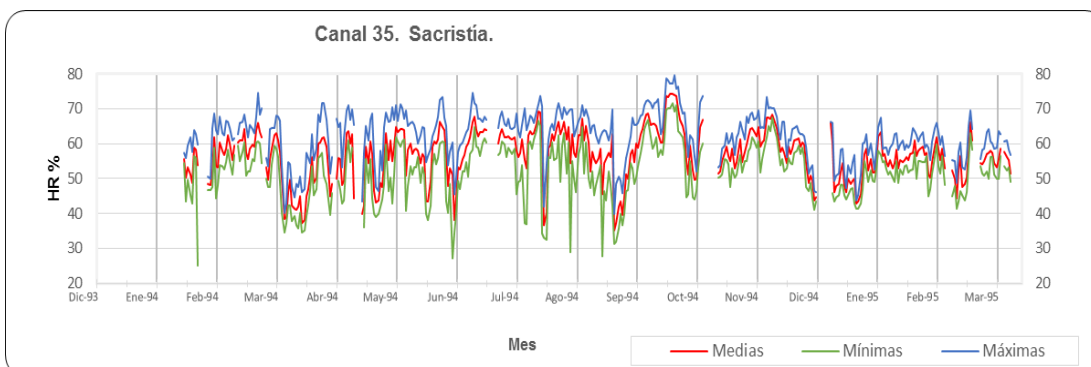
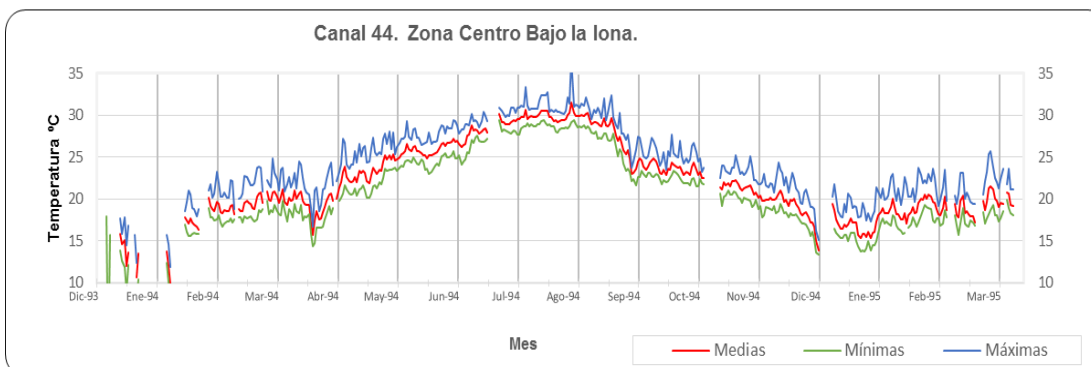
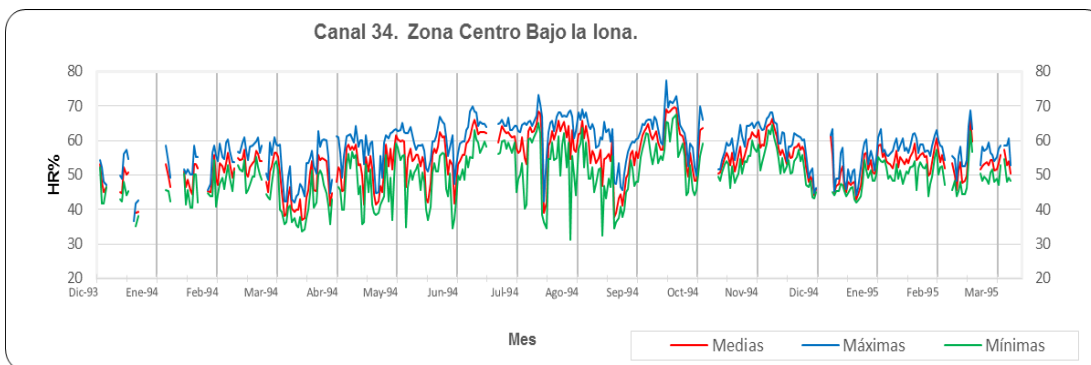


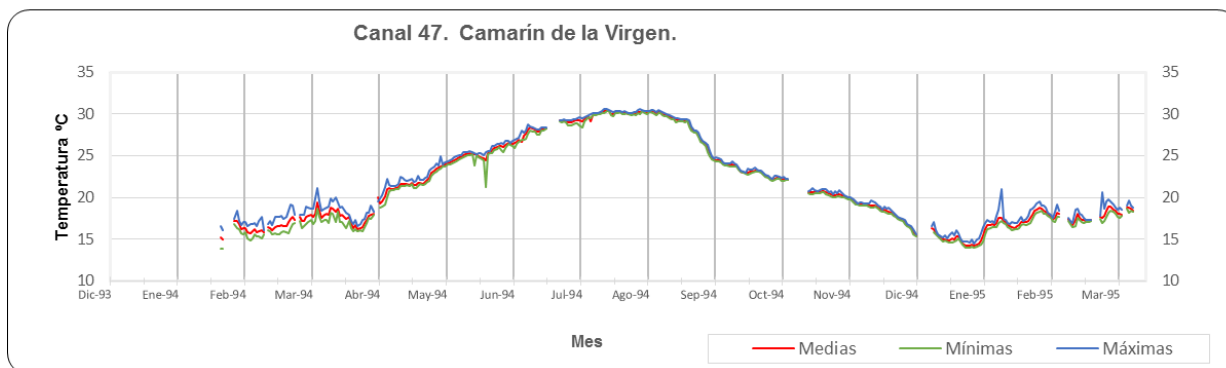
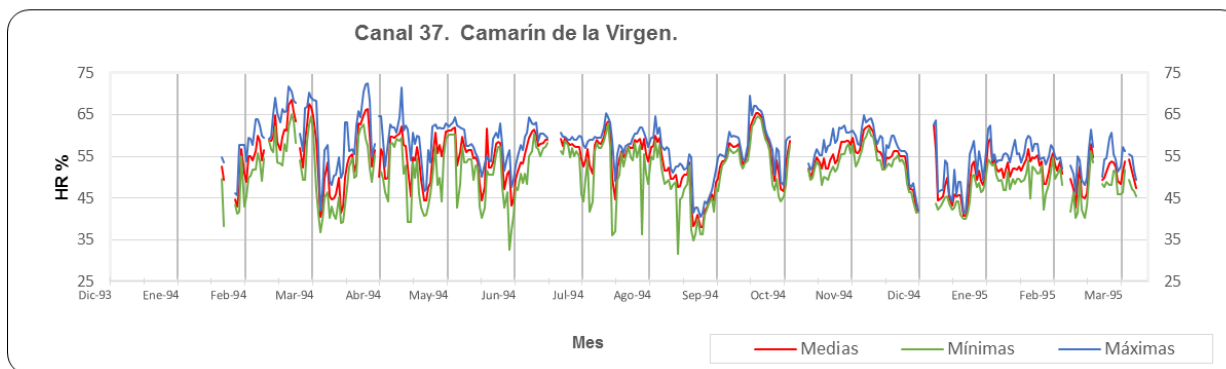
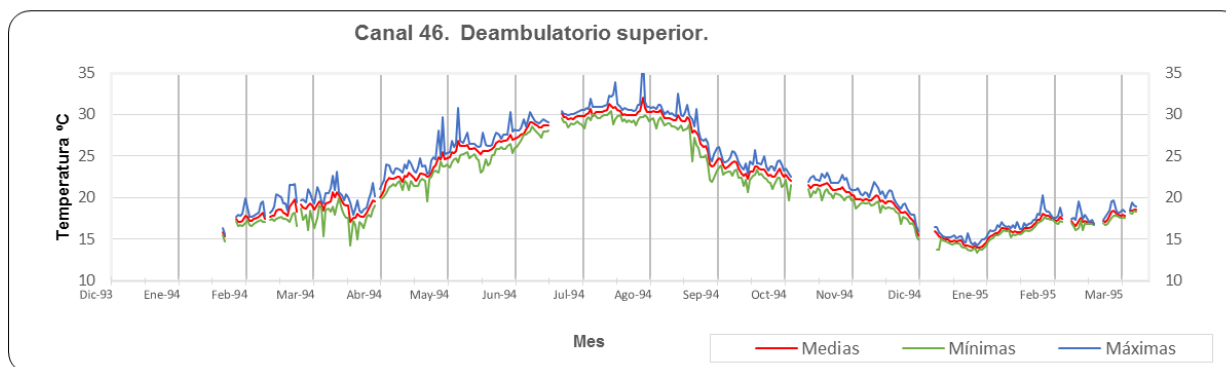
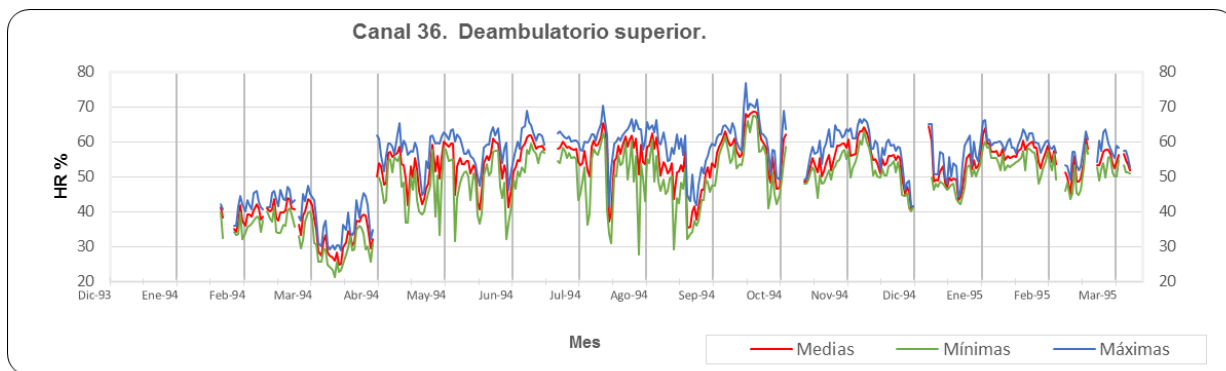


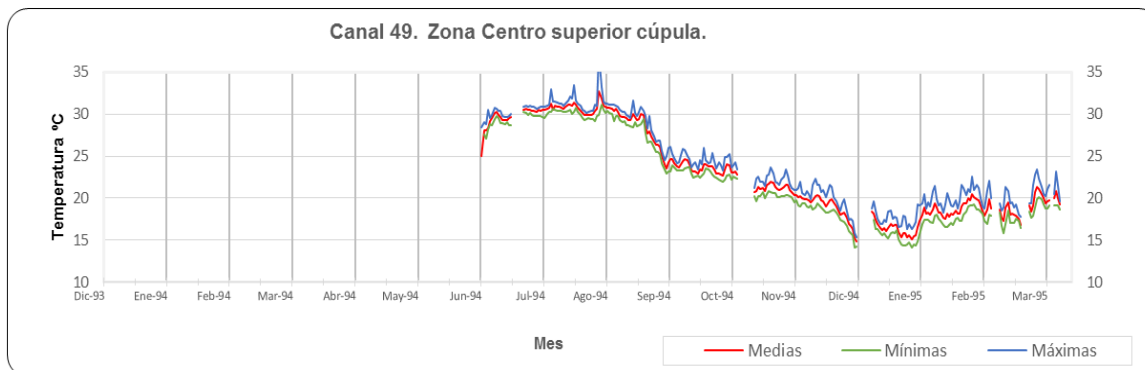
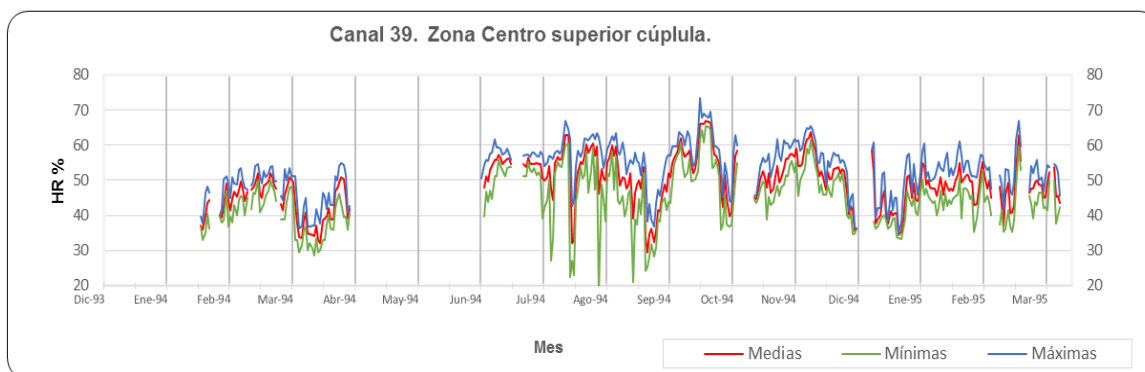
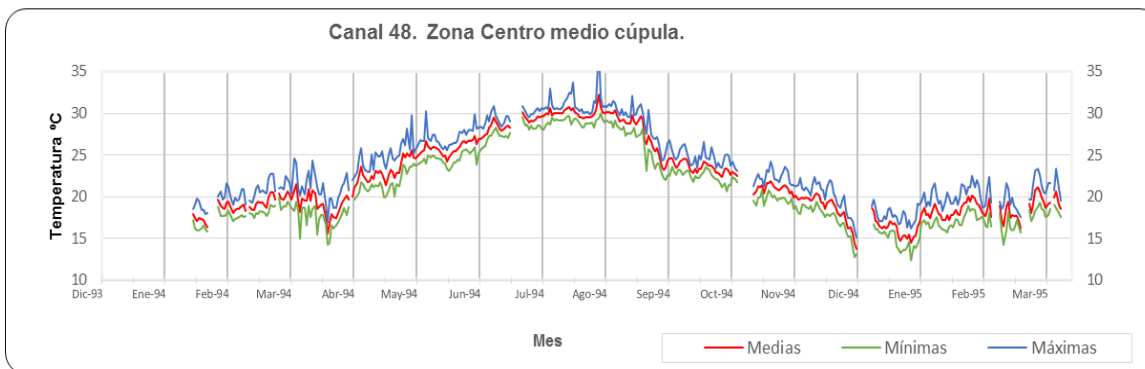
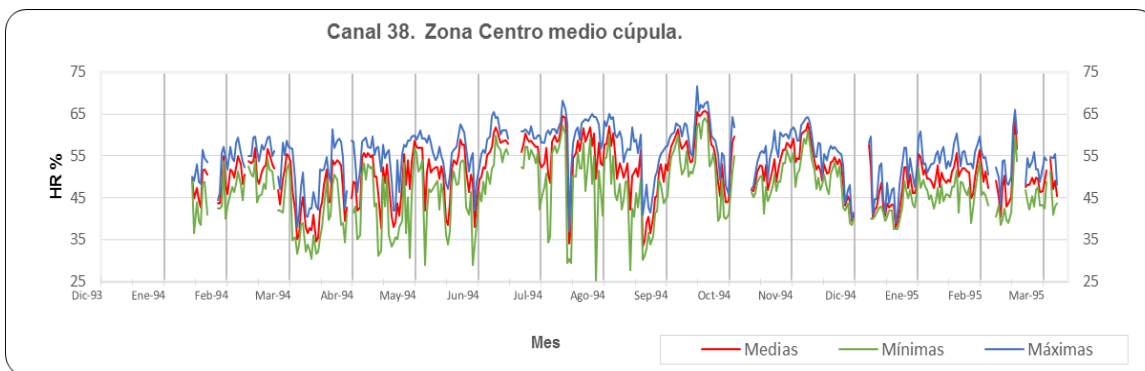


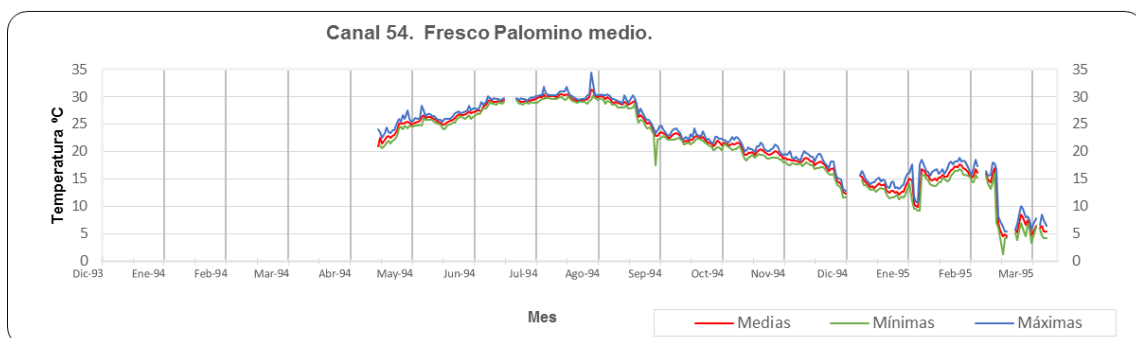
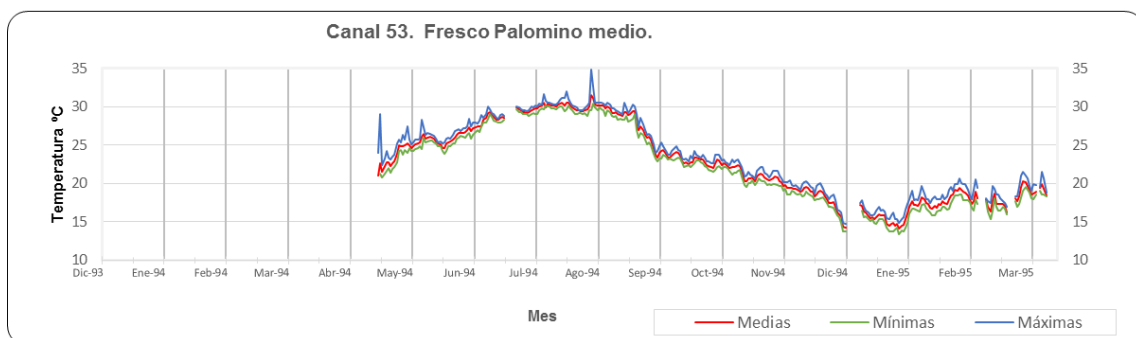
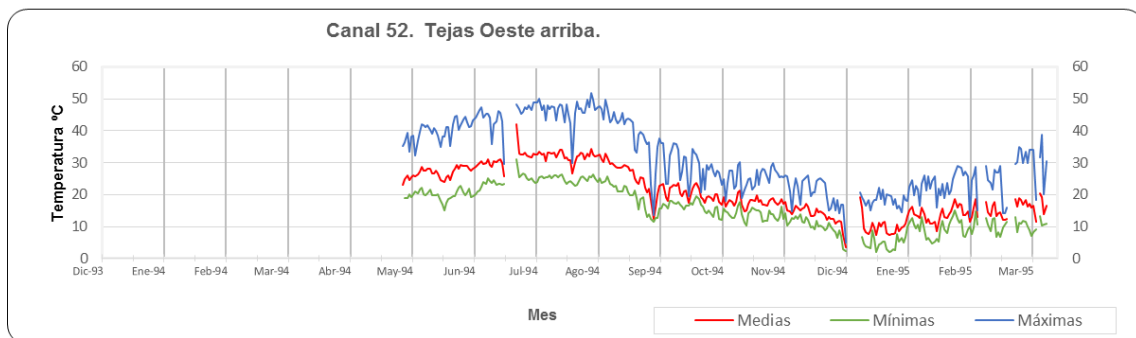
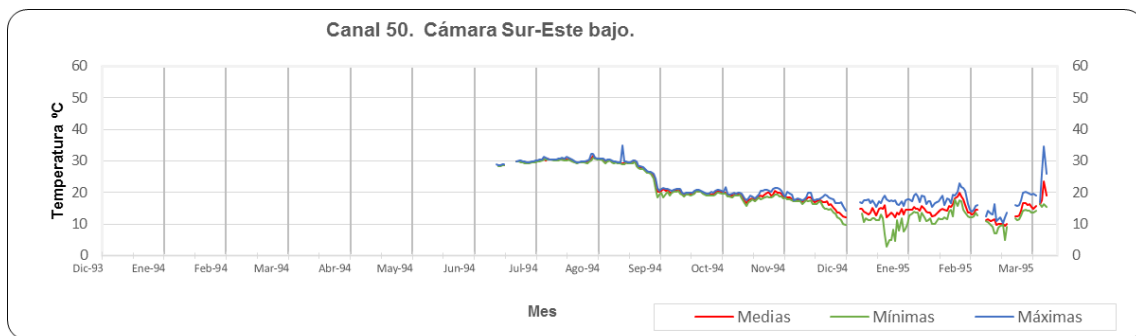


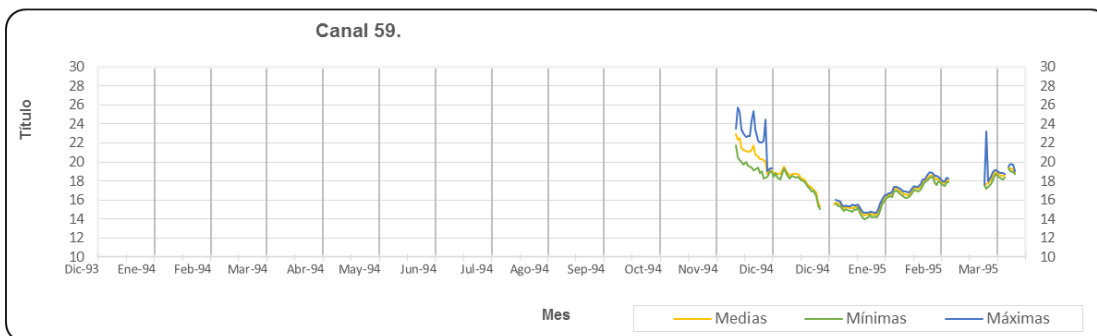
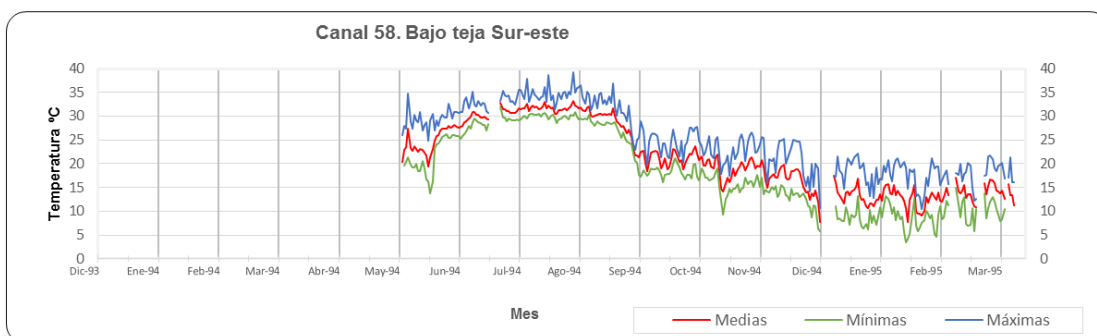
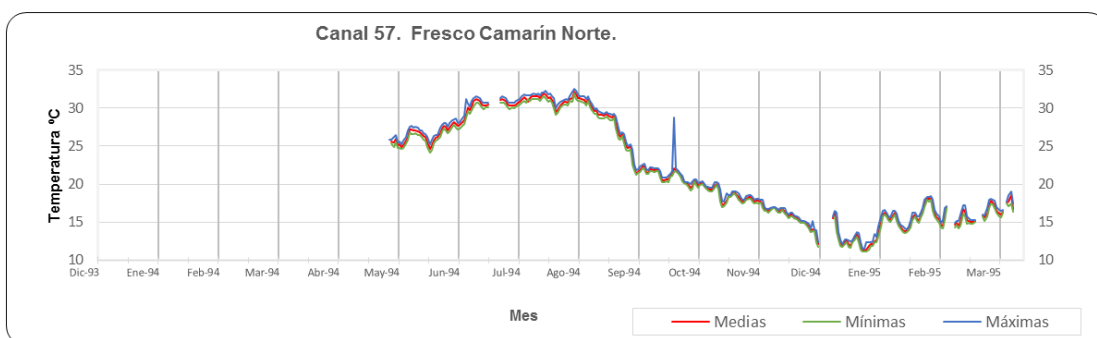
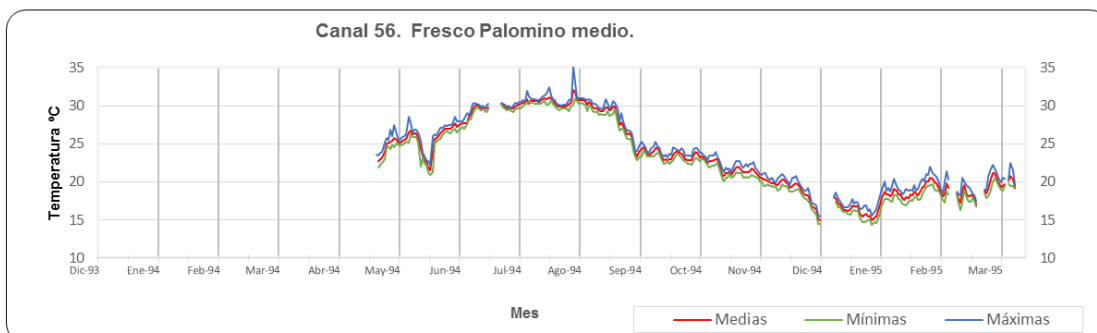
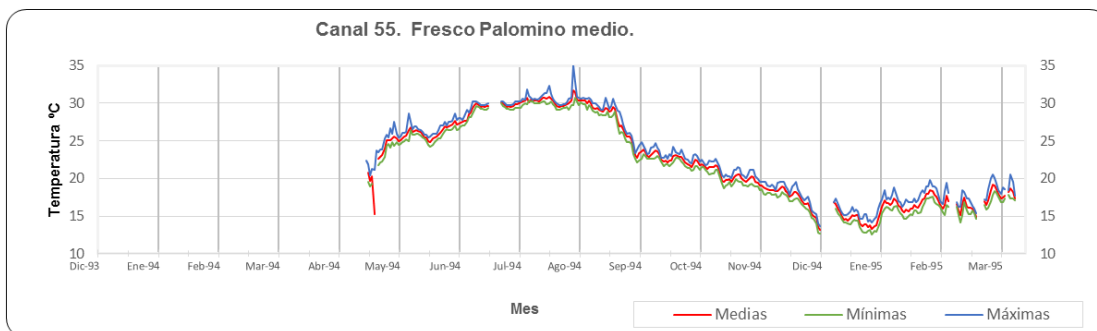












CAMPAÑA DE MEDIDAS AÑO 2000. BASÍLICA DE LA VIRGEN.

SITUACIÓN DE SENSORES			ENERO 2000		
CANAL	TIPO	SITUACIÓN	CANAL	TIPO	SITUACIÓN
CH 00	Tª SUP	Tejas-Oeste-Bajo.	CH 25		DISPONIBLE
CH 01		DISPONIBLE	CH 26		DISPONIBLE
CH 02		DISPONIBLE	CH 27		DISPONIBLE
CH 03		DISPONIBLE	CH 28		DISPONIBLE
CH 04		DISPONIBLE	CH 29		DISPONIBLE
CH 05	Tª AMB	Altar de la Virgen.	CH 30,40		DISPONIBLE
CH 06		DISPONIBLE	CH 31,41	HR-Tª	Tribuna interior.
CH 07		DISPONIBLE	CH 32,42	HR-Tª	Alero exterior-Sureste.
CH 08		DISPONIBLE	CH 33,43	HR-Tª	Capilla de la Comunión.
CH 09		DISPONIBLE	CH 34,44	HR-Tª	Espacio Central.
CH 10	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 11	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 12	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 37,47	HR-Tª	Camarin de la Virgen.
CH 13	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 38,48	HR-Tª	Bóveda media.
CH 14	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.			DISPONIBLE
CH 15	Tª SUP	Fresco Palomino -Bajo.	CH 50		DISPONIBLE
CH 16		DISPONIBLE	CH 51		DISPONIBLE
CH 17		DISPONIBLE	CH 52		DISPONIBLE
CH 18		DISPONIBLE	CH 53	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 19		DISPONIBLE	CH 54	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 20	Tª AMB	Tribuna interior.	CH 55		DISPONIBLE
CH 21	Tª AMB	Alero exterior-Noreste.	CH 56	Tª SUP	Fresco Palomino-Medio.
CH 22		DISPONIBLE	CH 57		DISPONIBLE
CH 23		DISPONIBLE	CH 58		DISPONIBLE
CH 24		DISPONIBLE	CH 59		DISPONIBLE

Adjuntamos una selección de tablas con los datos estadísticos asociados, que se obtienen del análisis pormenorizado realizado cada mes, para cada sensor. Estas tablas están diseñadas con dos objetivos: la simplicidad de lectura con los datos más relevantes en una misma hoja y la facilidad de introducción de los parámetros. Con estas tablas se procedió a confeccionar varios tipos de graficas de evolución y completar los cuadros resumen con la estadística y fluctuaciones que se han presentado en este trabajo. En la campana de medidas realizada en la Basílica de la Virgen desde en el año 2000, se realizaron un total de 96 tablas.

Basílica de la Virgen de Valencia.

3ª ZONA CENTRAL BÓVEDA SENSOR: CH48 MES: ABRIL-2000

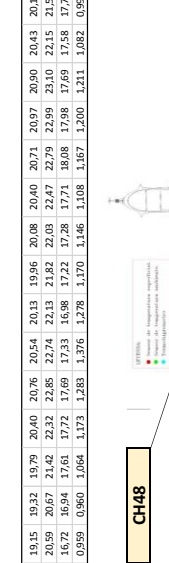
Día	HORA																								Media D	max D	min D	osc. D	des (S) D	MOH		
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00								
1	20,755	20,555	20,044	19,556	19,665	19,425	19,345	19,475	19,345	19,68	20,315	21,35	21,8	21,24	20,155	20,37	19,735	19,765	20,675	21,685	20,885	20,15	19,675	19,235	19,32	21,80	19,24	2,57	0,710	1,09		
2	19,145	18,615	18,195	18,68	18,48	17,87	17,29	17,95	18,25	17,925	18,57	19,425	20,155	20,35	20,295	19,755	20,085	20,43	20,965	21,4	21,445	20,615	19,145	18,615	19,32	21,80	19,24	2,57	0,710	1,09		
3	19,38	18,635	18,685	18,84	18,155	17,41	16,53	16,56	16,53	16,715	16,935	18,095	19,135	18,9	18,56	18,185	18,575	19,385	19,97	19,99	19,85	19,96	19,36	18,33	19,99	16,53	3,46	1,172	1,47			
4	19,18	19,185	19,17	19,125	18,575	18,53	18,335	18,09	17,985	18,22	18,55	18,53	17,605	16,975	17,275	17,71	18,075	18,67	18,45	18,25	18,06	18,36	18,30	19,19	16,98	2,21	0,621	1,13				
5	18,09	18,045	17,88	17,69	17,605	17,745	17,365	17,415	17,445	17,865	17,625	17,76	17,955	17,88	17,325	17,125	17,22	17,365	18,07	18,18	17,98	17,685	17,575	17,745	17,67	18,18	17,13	1,06	0,282	0,70		
6	17,875	18,03	17,985	17,97	18,055	17,865	17,735	17,775	17,855	17,79	17,83	17,72	17,685	17,73	17,645	17,785	17,9	18,055	18,21	18,44	19,055	18,97	18,54	18,01	19,06	17,65	1,41	0,371	0,62			
7	18,305	18,375	18,275	18,155	18,295	18,32	18,31	18,215	18,235	18,305	18,705	19,5	20,415	21,07	20,515	20,03	19,73	19,775	19,945	20,085	20,22	19,755	19,385	19,17	19,21	21,07	18,16	2,92	0,903	0,91		
8	19,095	19,17	19,03	18,9	18,625	18,36	18,235	18,155	18,205	18,415	18,65	19,29	20,21	20,975	20,2	19,605	19,345	19,38	19,655	19,845	20,015	20,225	19,745	19,525	19,27	20,98	18,16	2,82	0,739	0,92		
9	19,24	19,15	19,03	18,82	18,605	18,615	18,63	18,73	18,625	18,655	18,995	19,665	19,985	19,955	19,995	19,535	19,475	19,51	20,27	20,735	20,95	20,89	20,305	19,91	19,48	20,95	18,61	2,35	0,757	0,67		
10	19,73	19,69	19,55	19,385	19,385	19,31	19,22	19,17	19,115	19	19,07	19,38	19,88	20,245	20,685	19,525	19,69	20,085	20,52	20,8	20,66	20,17	19,875	19,71	20,80	19,06	1,80	0,487	0,50			
11	19,605	19,57	19,44	19,385	19,22	19,125	19,06	19,065	19,03	18,885	18,91	19,33	20,06	20,28	20,185	19,97	19,885	20,135	20,39	20,69	20,79	20,585	20,165	19,96	19,74	20,79	18,89	1,91	0,581	0,73		
12	19,785	19,725	19,72	19,75	19,665	19,7	19,635	19,63	19,65	19,41	19,475	19,64	20,165	20,425	20,29	19,925	19,715	19,81	20,185	20,45	20,64	20,69	20,255	19,97	19,93	20,69	19,41	1,28	0,359	0,52		
13	19,755	19,86	19,79	19,75	19,62	19,505	19,46	19,42	19,375	19,325	19,32	19,365	19,38	19,28	19,22	19,61	20,535	21,33	21,42	21,265	20,995	20,85	20,54	20,765	20,46	20,65	20,03	21,17	19,32	1,85	0,582	0,60
14	20,06	20,155	20,165	20,025	20,005	19,975	19,905	19,675	19,725	19,75	20,13	20,72	21,67	22,56	22,235	21,79	21,33	21,205	21,375	21,795	22,08	22,025	21,445	21,11	20,89	22,74	19,68	3,06	0,954	0,95		
15	20,87	20,87	20,845	20,77	20,675	20,59	20,525	20,44	20,455	20,445	20,605	21,2	22,165	22,21	22,355	21,525	20,97	20,685	20,8	21,17	21,735	22,21	21,775	21,35	20,83	22,03	20,28	1,75	0,503	0,68		
16	21	20,79	20,54	20,36	20,285	20,28	20,47	20,505	20,485	20,475	20,395	20,775	21,275	21,495	21,025	20,395	20,355	20,39	20,935	21,43	22,03	21,965	21,285	20,88	20,748	21,42	18,83	2,60	0,692	1,15		
17	20,77	20,92	20,87	20,69	20,665	20,48	20,43	19,28	18,825	19,28	19,22	19,61	20,535	21,33	21,42	21,265	20,995	20,895	20,85	20,54	20,765	20,805	20,46	20,65	20,38	21,08	19,44	1,64	0,525	0,84		
18	20,52	20,425	20,04	19,93	19,895	19,9	19,835	19,79	19,59	19,435	19,825	20,31	20,88	21,075	21,075	21,075	21,075	21,075	20,24	20,48	20,715	20,56	20,34	20,10	20,81	19,27	1,54	0,464	0,62			
19	20,235	20,33	20,295	19,99	19,84	19,75	19,525	19,315	19,27	19,325	19,605	20,03	20,41	20,805	20,645	20,025	19,795	19,975	20,195	20,41	20,66	20,66	20,66	20,10	20,81	19,27	1,54	0,464	0,62			
20	21,15	21,09	21,055	21,05	21,01	20,815	20,665	20,56	20,605	20,485	20,67	21,375	21,72	22,125	21,99	21,407	21,09	21,06	21,305	21,76	22,095	21,87	21,355	20,875	21,21	22,13	20,49	1,64	0,485	0,70		
21	20,575	20,45	20,095	19,93	19,92	19,795	19,86	19,77	19,42	19,21	18,84	18,98	19,685	20,695	20,745	21,07	21,69	22,025	22,47	22,79	22,795	22,345	21,165	20,63	22,80	18,84	3,96	1,185	0,77			
22	20,8	20,905	20,835	20,715	20,42	20,22	20,01	20,04	19,935	19,88	19,97	20,05	20,605	21,085	21,045	20,68	20,29	20,535	20,72	21,07	21,46	21,4	20,985	20,67	20,60	21,46	19,88	1,58	0,457	0,56		
23	20,29	20,33	20,035	19,665	19,68	19,49	19,2	19,01	18,945	18,95	19,25	19,96	20,59	21,12	20,95	20,335	20,18	20,21	20,42	20,615	20,895	20,985	20,63	20,15	20,68	21,12	18,95	2,18	0,657	0,71		
24	19,98	20,195	19,81	19,525	19,36	19,44	19,23	19,125	19,22	19,32	19,585	20,035	20,48	20,795	20,34	19,645	19,62	19,925	20,185	20,535	20,765	21,01	20,62	20,445	19,97	21,01	19,13	1,89	0,554	0,69		
25	20,395	20,395	20,285	20,22	20,14	19,995	19,82	19,805	19,69	19,545	19,546	20,16	20,64	20,84	20,815	19,995	20,05	20,22	20,705	21,425	21,785	21,535	21,04	20,74	20,15	21,79	19,55	2,24	0,599	0,82		
26	20,56	20,595	20,47	20,41	20,34	20,135	20,025	20,015	19,975	20,105	20,775	21,925	22,85	22,625	21,48	20,7	20,82	21,015	21,625	22,13	22,315	21,62	21,005	20,38	22,85	19,88	2,98	0,871	1,18			
27	20,56	20,74	20,72	20,63	20,52	20,38	20,195	20,175	20,065	20,13	20,505	21,42	22,315	22,49	22,115	21,23	21,195	21,21	21,76	22,37	22,985	23,1	22,115	21,36	21,36	23,10	20,07	3,04	0,922	0,95		
28	20,995	21,11	20,975	20,85	20,875	20,595	20,605	20,555	20,63	20,885	20,585	20,905	21,37	21,745	21,985	22,13	21,82	21,825	22,02	22,285	22,56	22,565	21,91	21,555	21,38	23,10	20,56	0,85	0,29	0,50		
29																									17,67	18,18	16,53	1,06	0,29	0,50		
30																									0,99	1,16	1,08	0,77	0,23	0,23		
31																									3,70	4,92						

DATOS DIARIOS

media D	max D	min D	osc. D	des (S) D	MOH
20,38	23,10	20,56	4,19	1,18	3,82
17,67	18,18	16,53	1,06	0,29	0,50
osc. Abs.	6,57				
osc.	4,92				

DATOS HORARIOS

media H	max H	min H	osc. Abs.
19,98	21,65	17,43	
20,97	23,10	18,08	
19,15	20,56	16,53	
0,56	0,85	0,48	
osc. Abs.	6,57		



ABRIL-2000

SENSOR: CH48 3ª ZONA CENTRAL BÓVEDA

NUM. DATOS DEL MES: 672

NUM. DATOS DEL MES (BRUTOS): 1.344

OSCILACION ABS. MENSUAL: 6,6

OSCILACION DIARIA MÁXIMA: 4,9

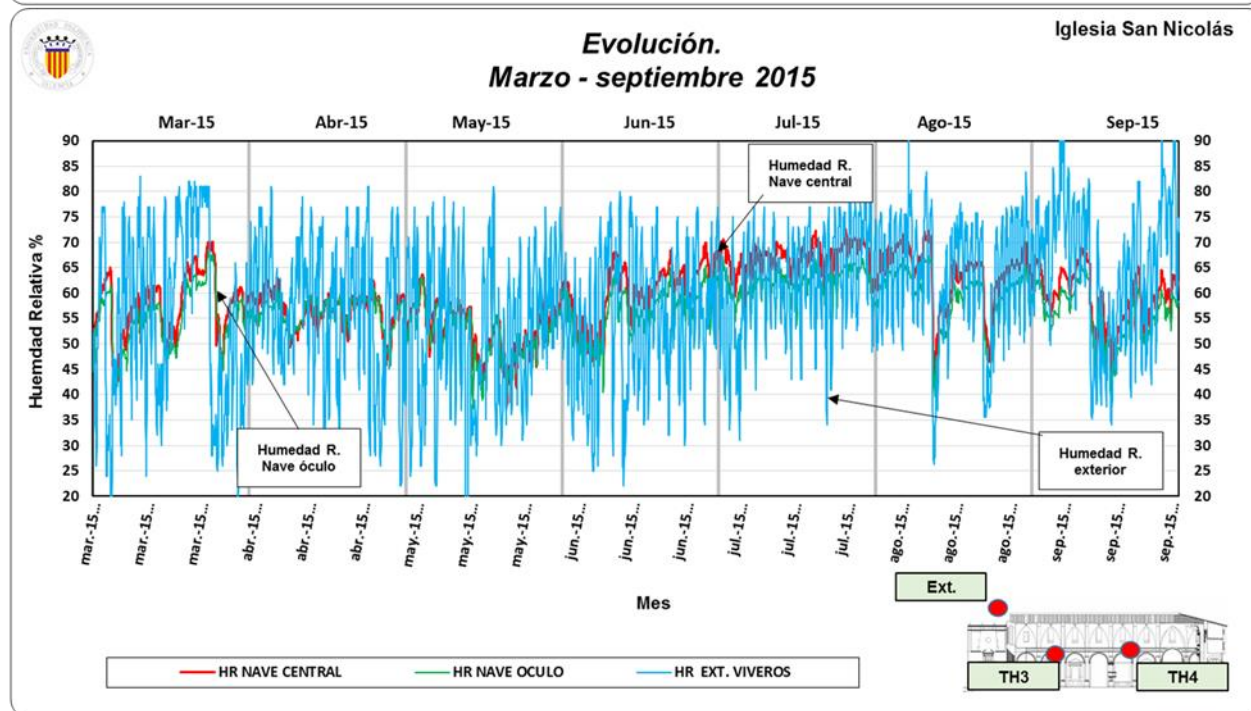
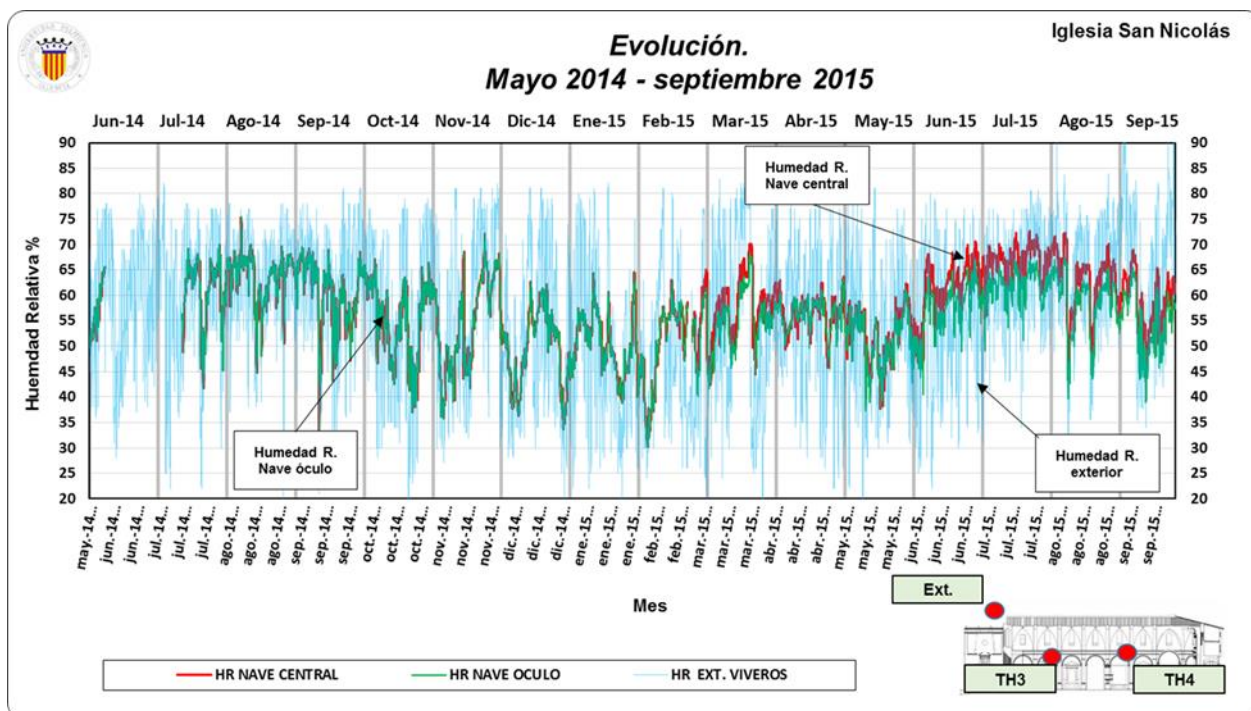
OSCILACION DIARIA MEDIA: 3,7

MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MAX.: 1,47

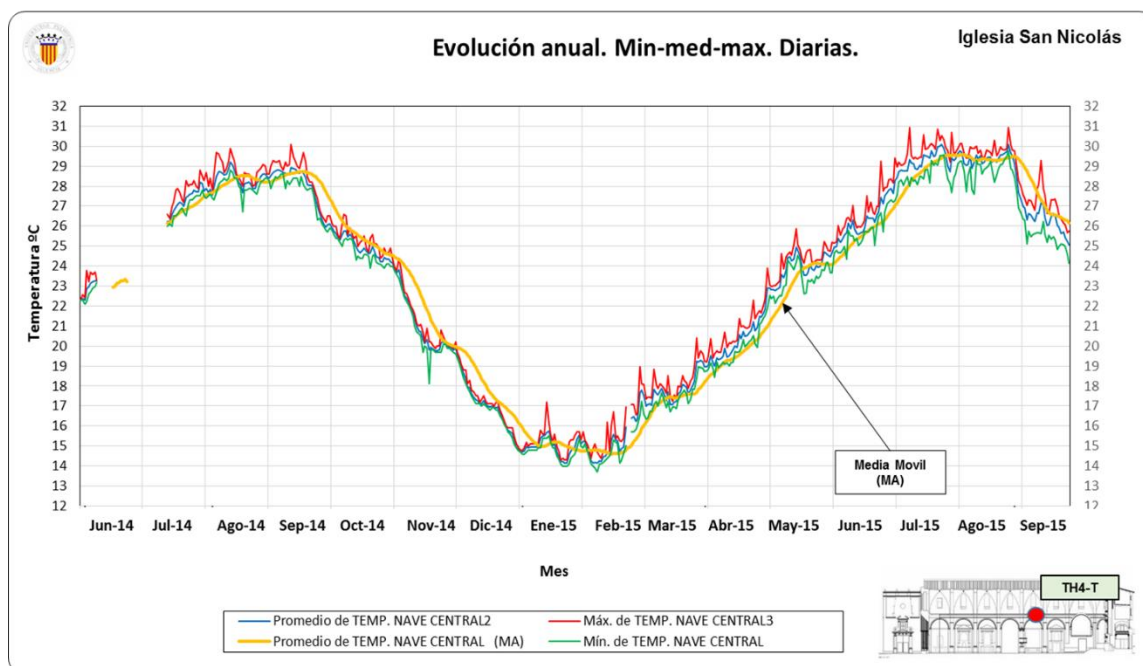
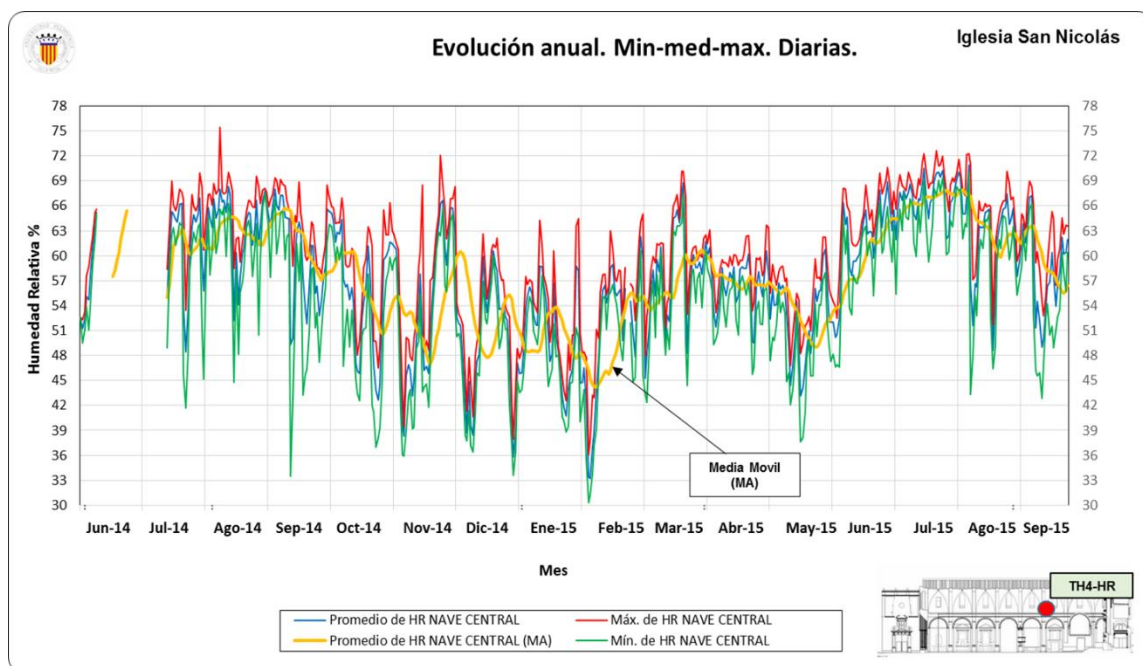
ANEXO 3: Documentación Iglesia de San Nicolás.**CAMPAÑA DE MEDIDAS MAYO 2014 A SEPTIEMBRE 2015.
IGLESIA DE SAN NICOLÁS.**

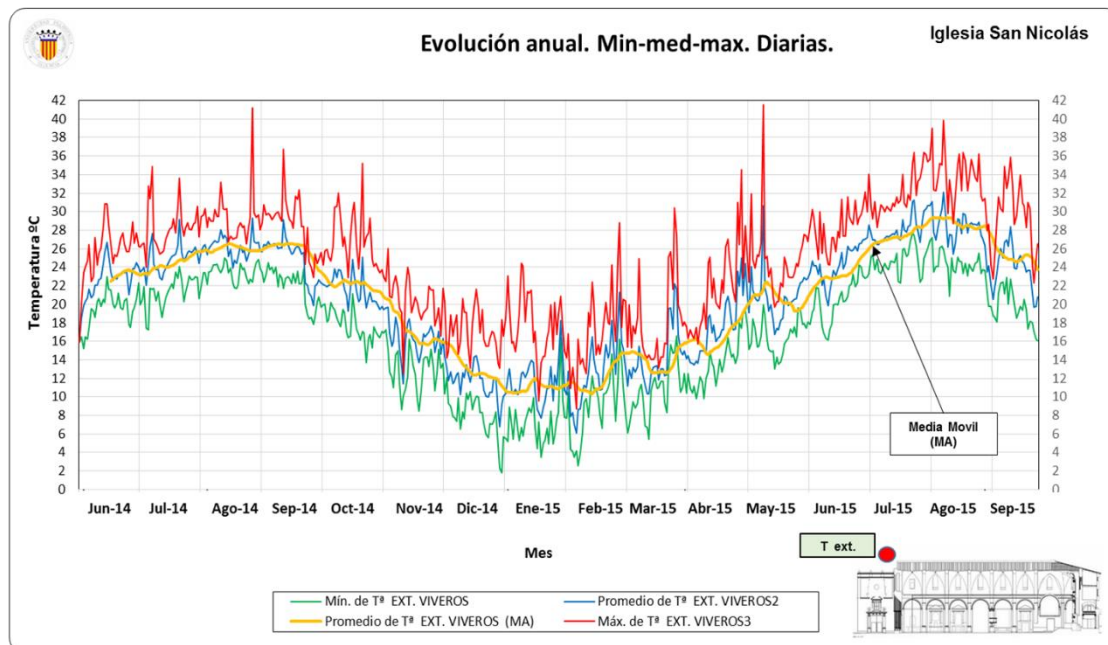
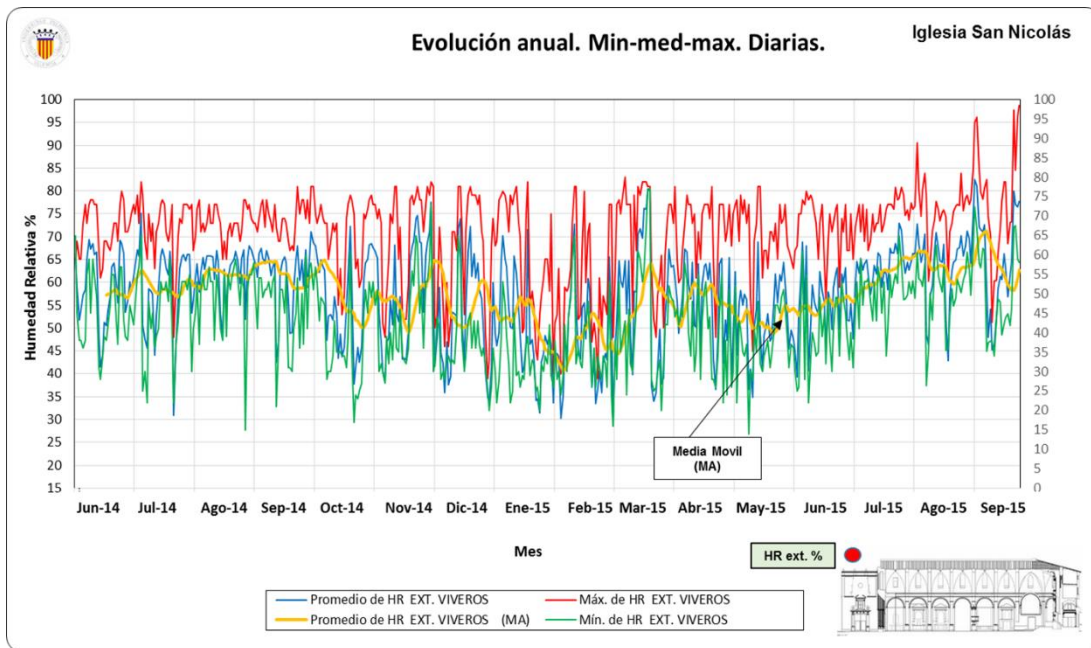
SENSORES IGLESIA SAN NICOLÁS.				
CANAL	SENSOR	TIPO	SITUACIÓN	AMBIENTE EXT/INT
CH00	T1	Tª SUP.	SOBRE TEJA NORTE	EXT
CH01	T2	Tª AMB	AMB TEJA NORTE	EXT
CH02	T3	Tª SUP.	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH03	T4	Tª SUP.	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH04	T5	Tª SUP.	SUP. FRESCO -OCULO	INT
CH05	T6	Tª SUP.	SUP. FRESCO ATRIO	INT
CH06	T7	Tª SUP.	SUP. PINTURA ÓCULO	INT
CH07	T8	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA CORNISA	INT
CH08	T9	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA PILASTRA	INT
CH09	T10	Tª SUP.	SUPERFICIE PINTURA PILASTRA	INT
CH10-11	TH1	H. RELATIVA Y Tª	EXTERIOR OESTE	EXT
CH12-13	TH2	H. RELATIVA Y Tª	CAMARA INTERNA CUBIERTA	INT
CH14-15	TH3	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE PILASTRA -OCULO	INT
CH16-17	TH4	H. RELATIVA Y Tª	INTERIOR NAVE CORNISA ATRIO	INT

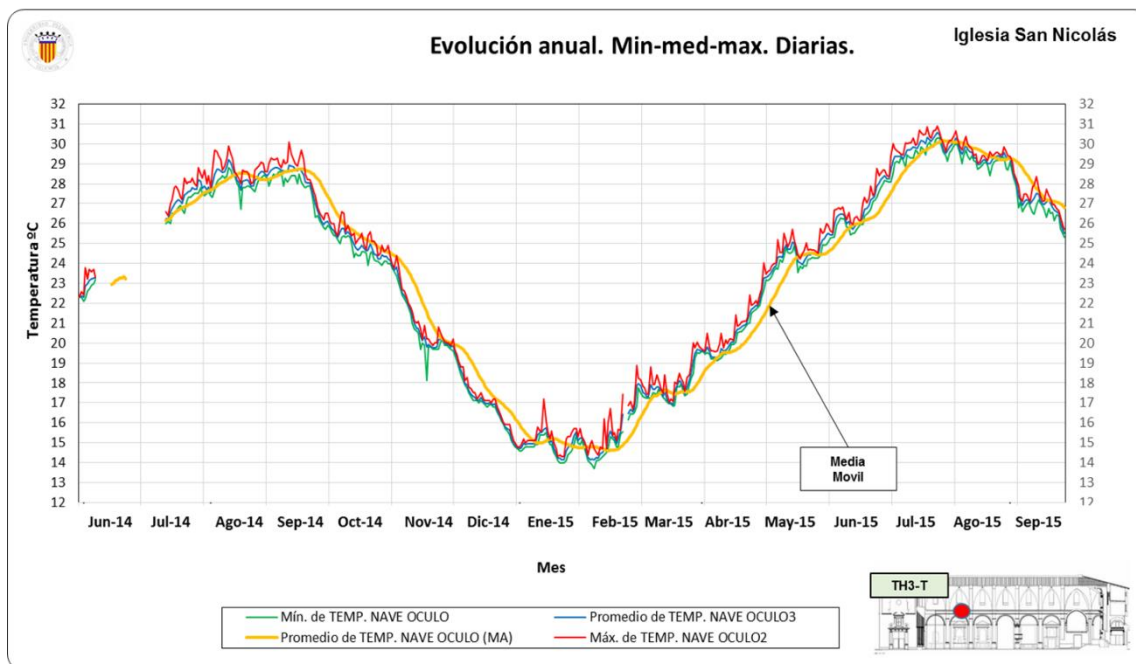
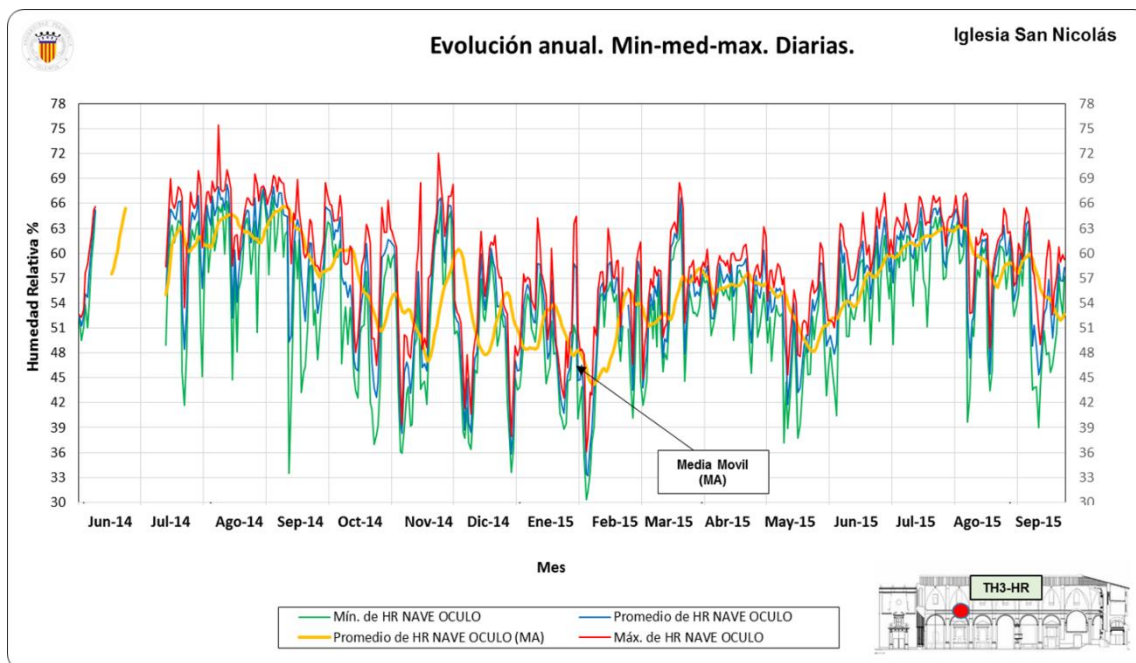
GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN DATOS PUROS.
MAYO 2014 – SEPTIEMBRE 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.

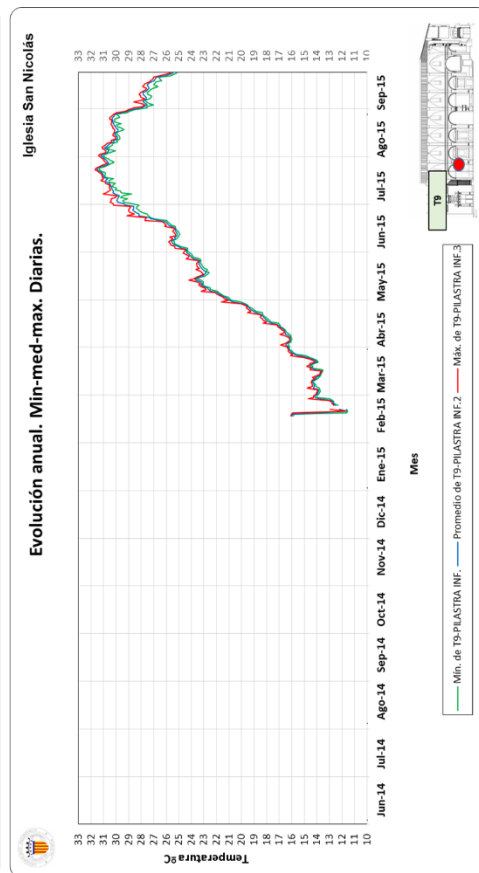
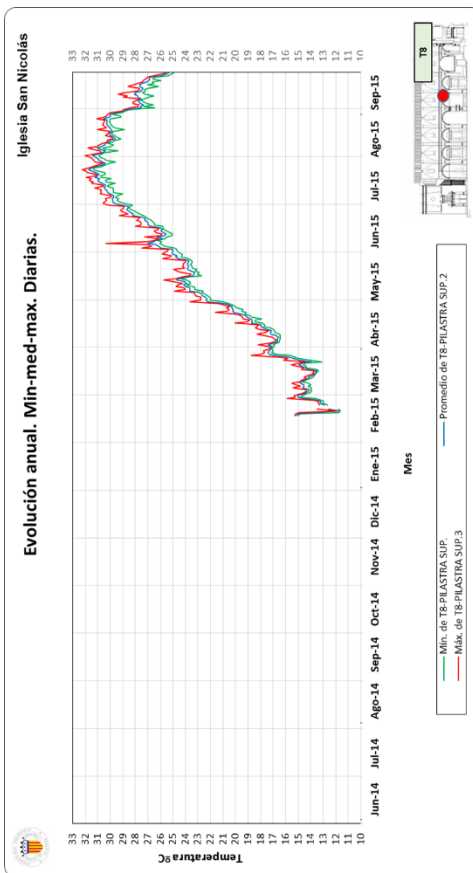
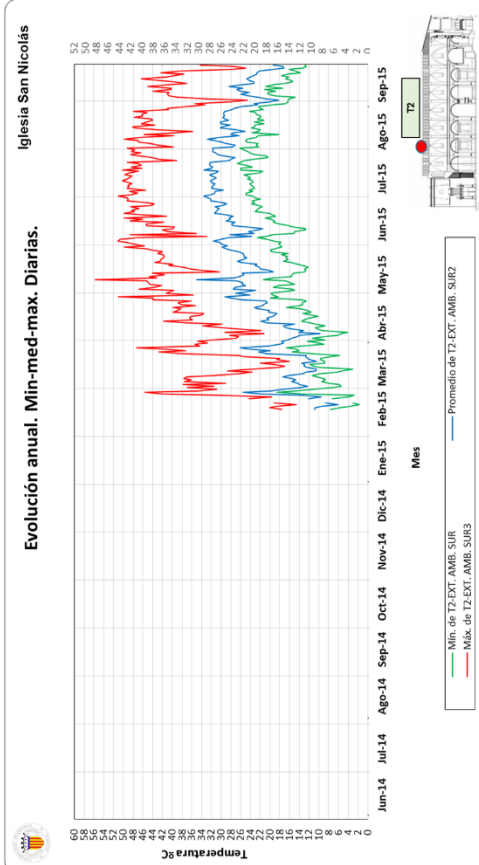
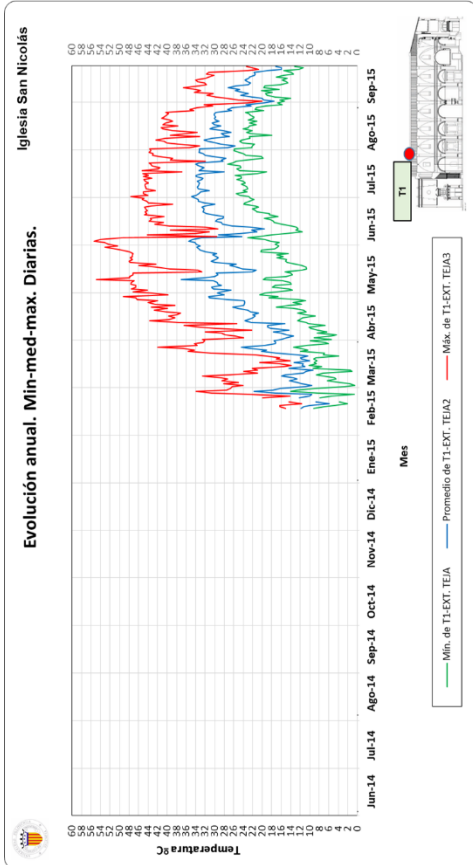


**GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN MINIMAS-MEDIAS-MÁXIMAS DIARIAS.
JUNIO 2014 – SEPTIEMBRE 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.**

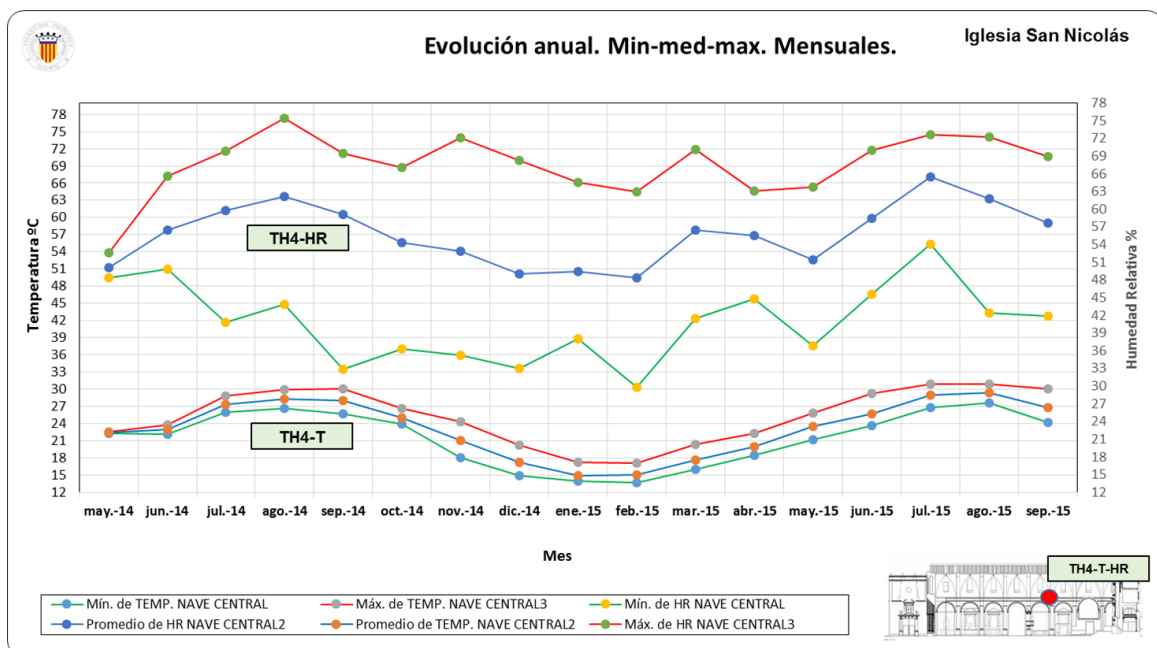
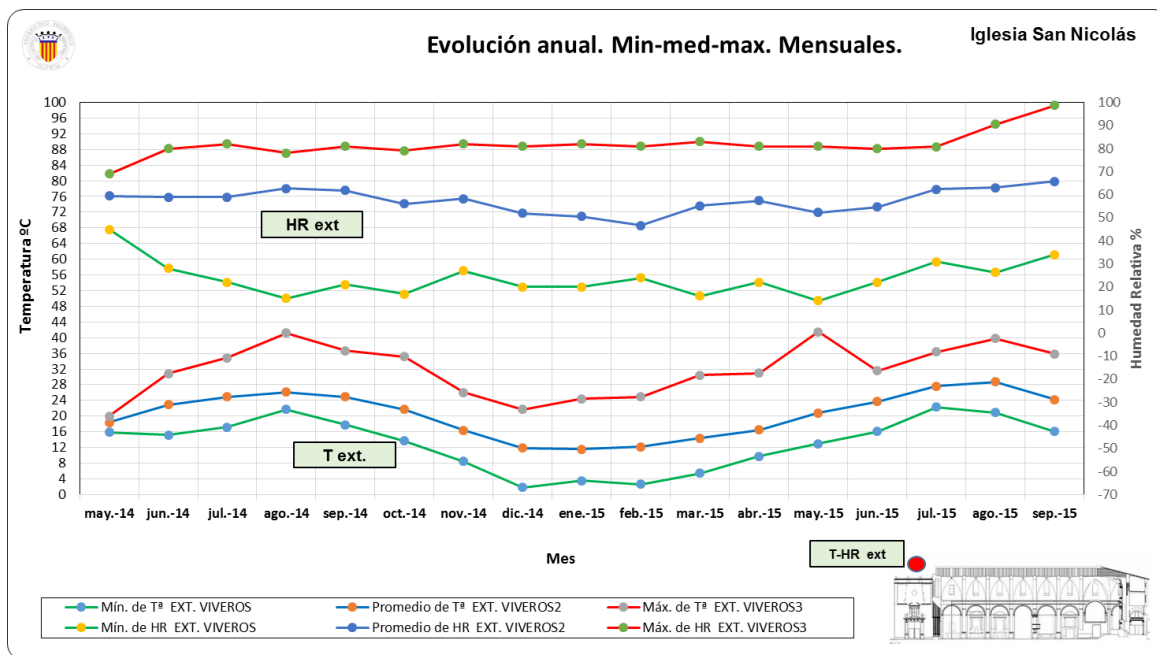


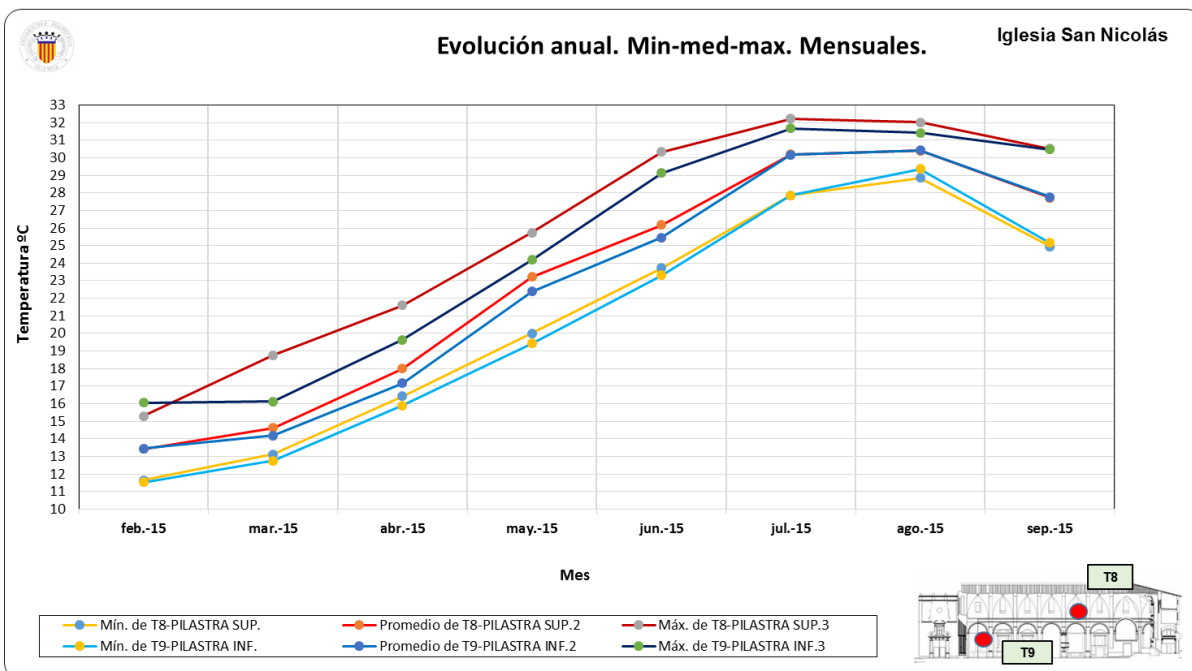
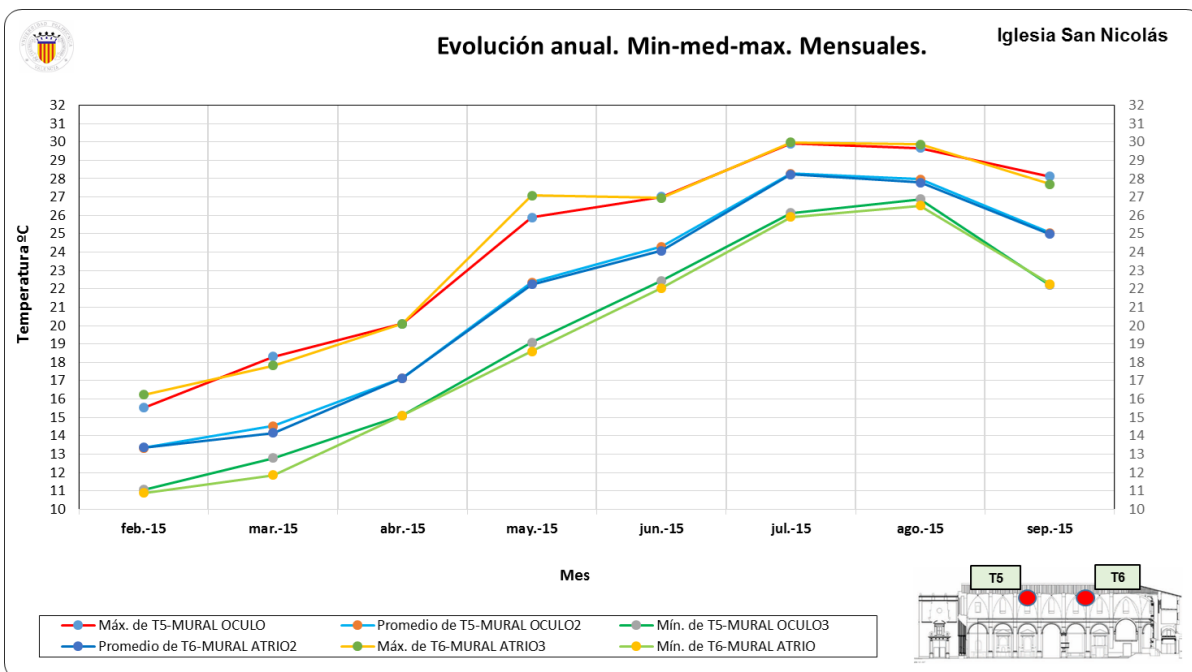


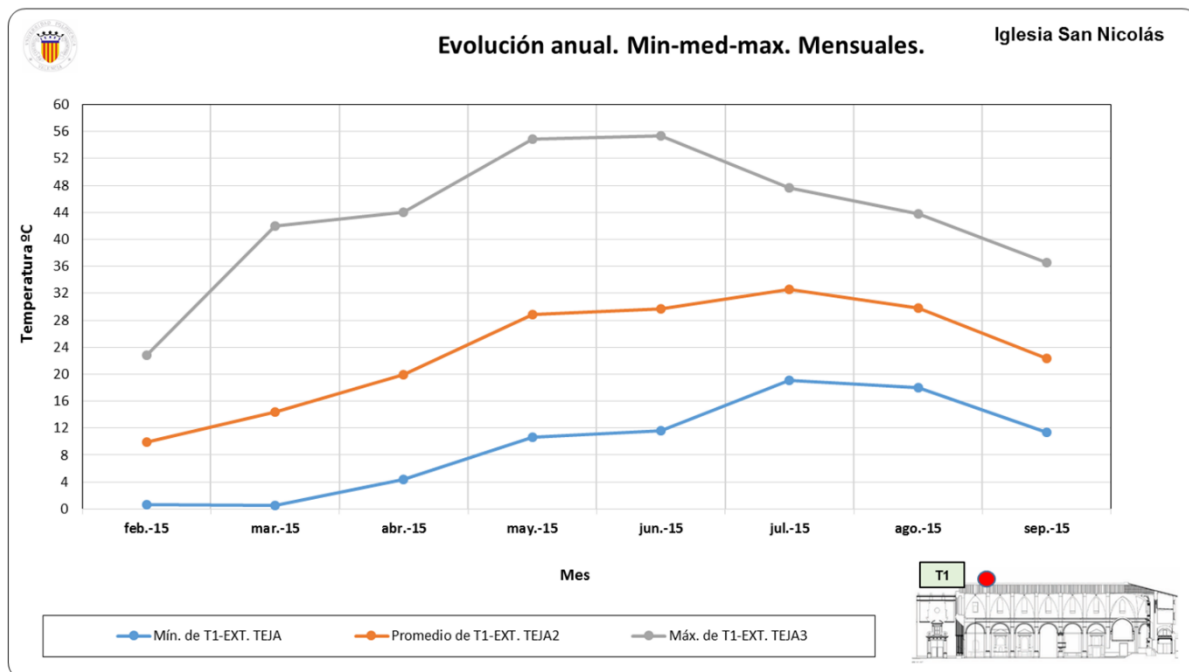
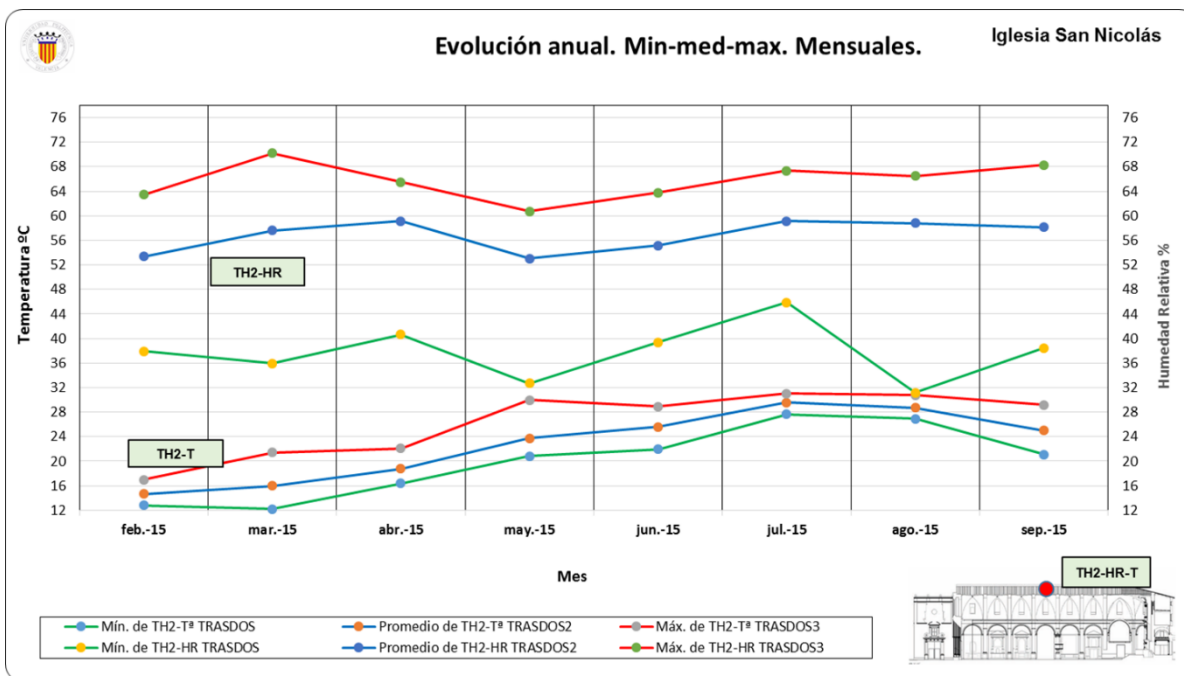




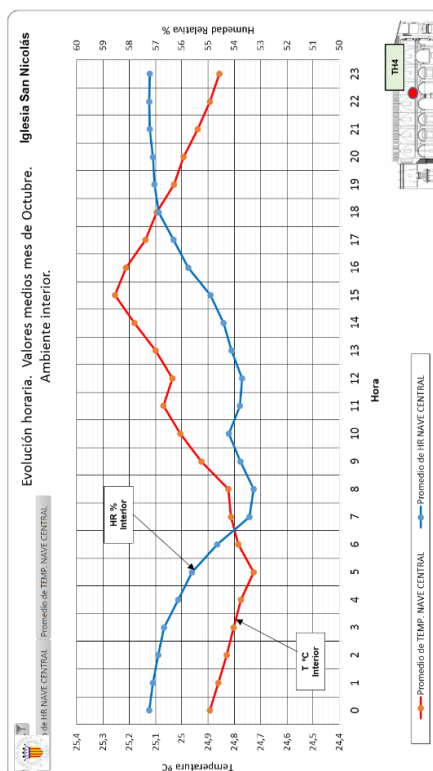
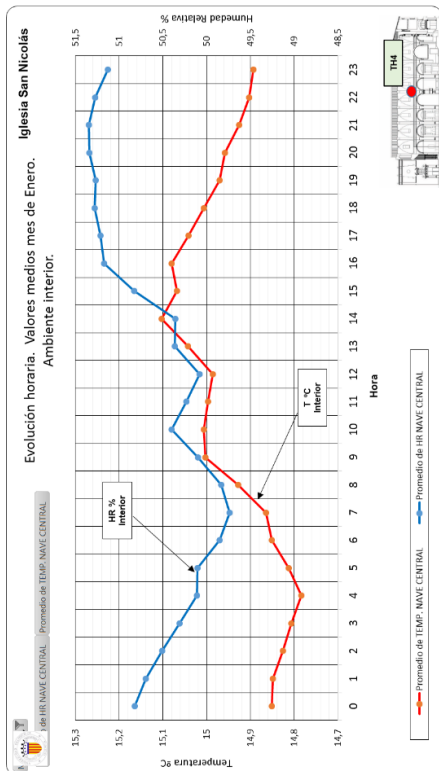
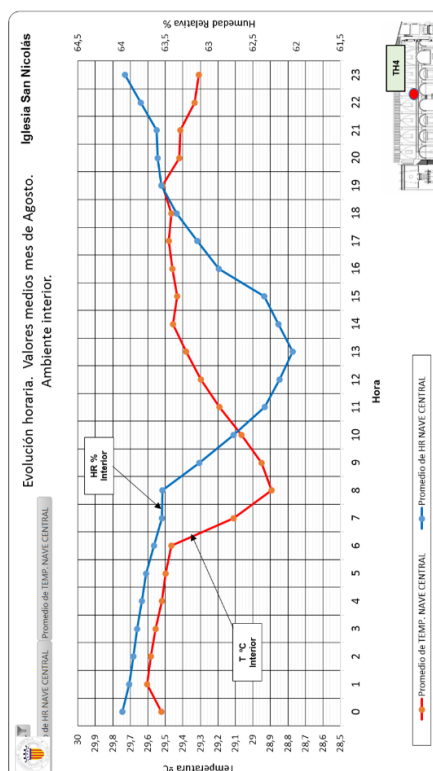
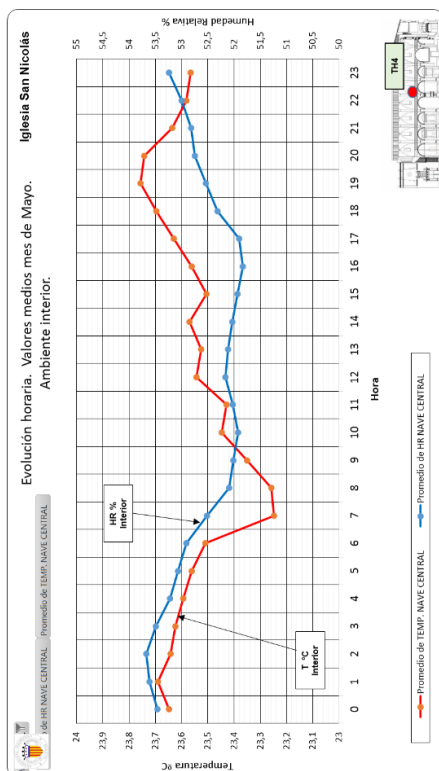
GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN MINIMAS-MEDIAS-MÁXIMAS MENSUALES. MAYO 2014 – SEPTIEMBRE 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.



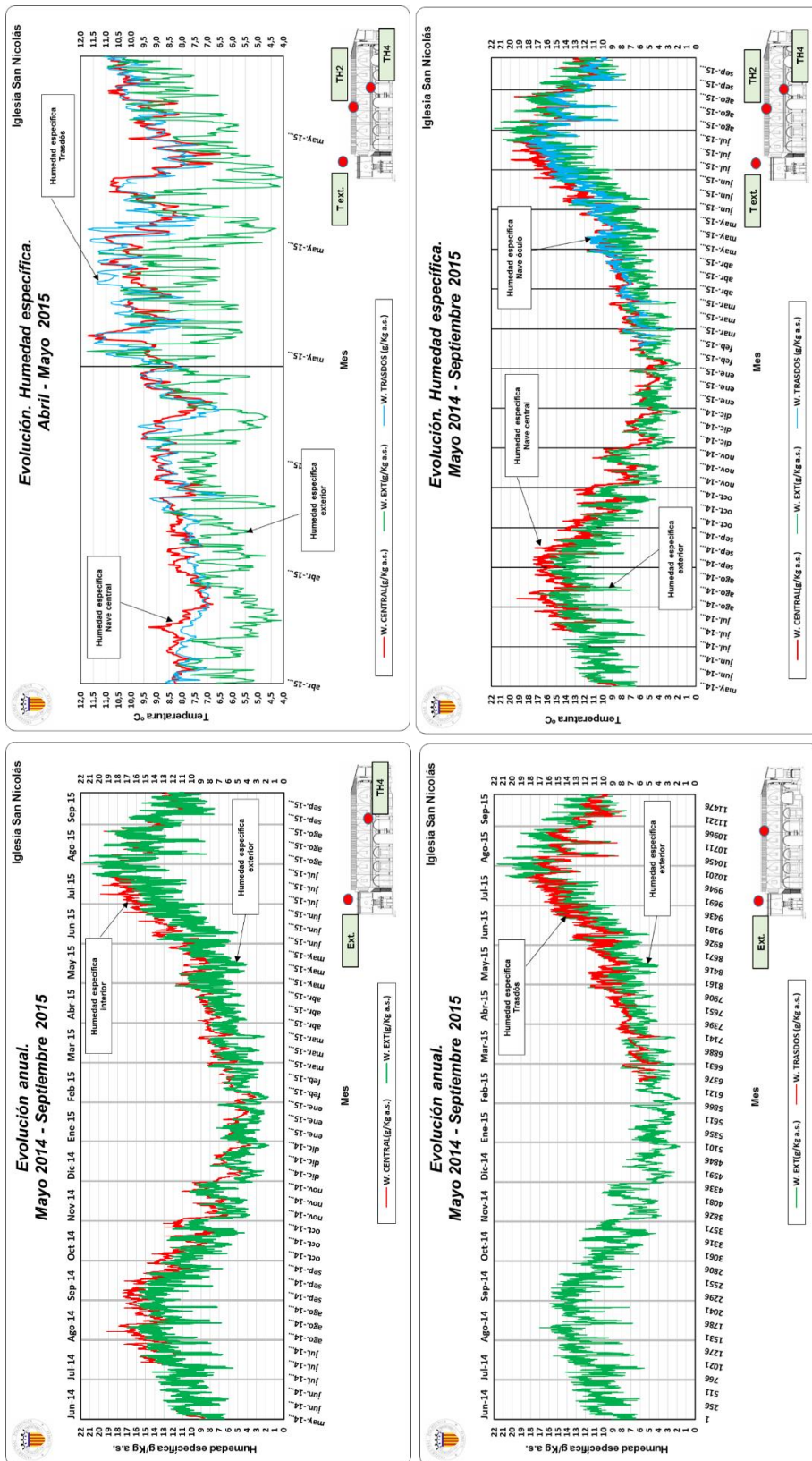




GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN HORARIA MEDIA. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.

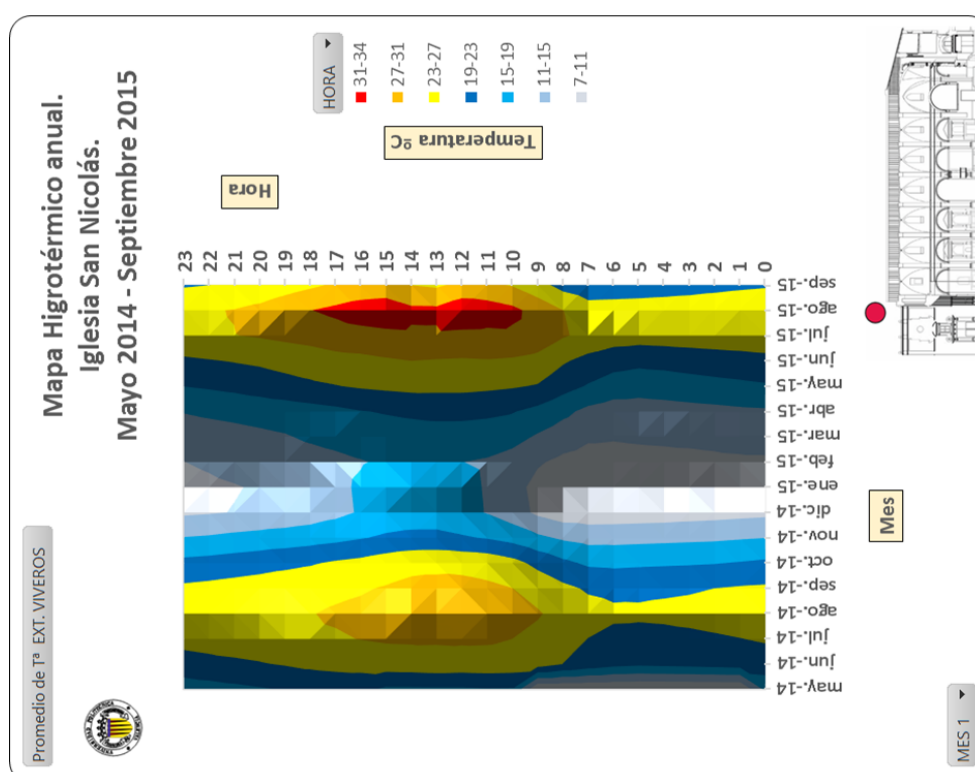
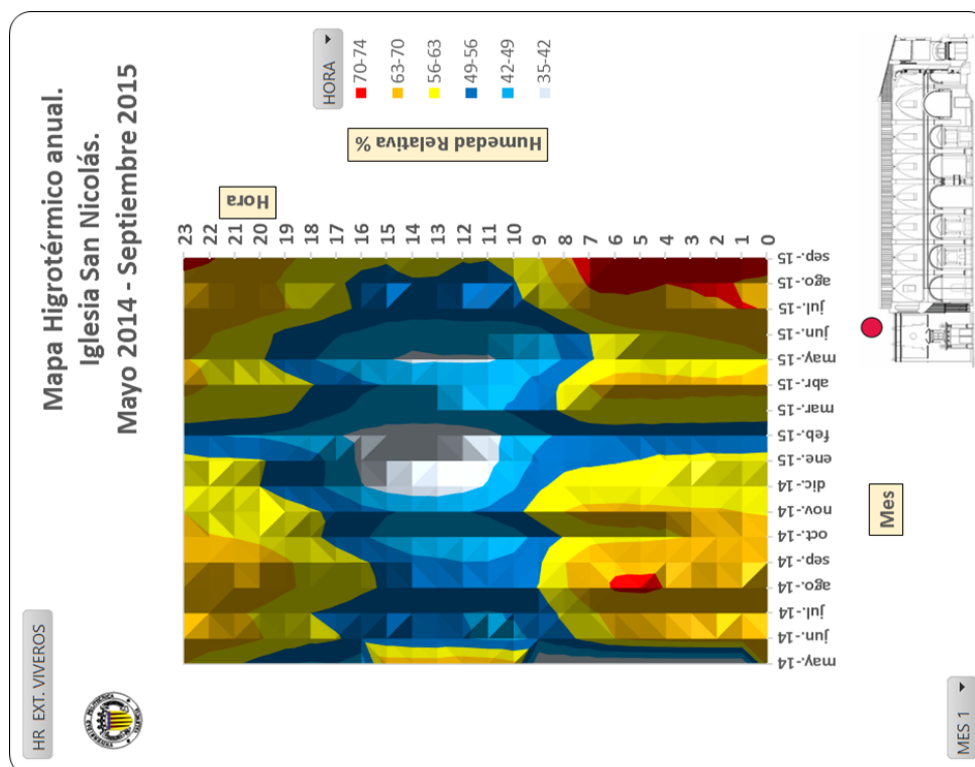


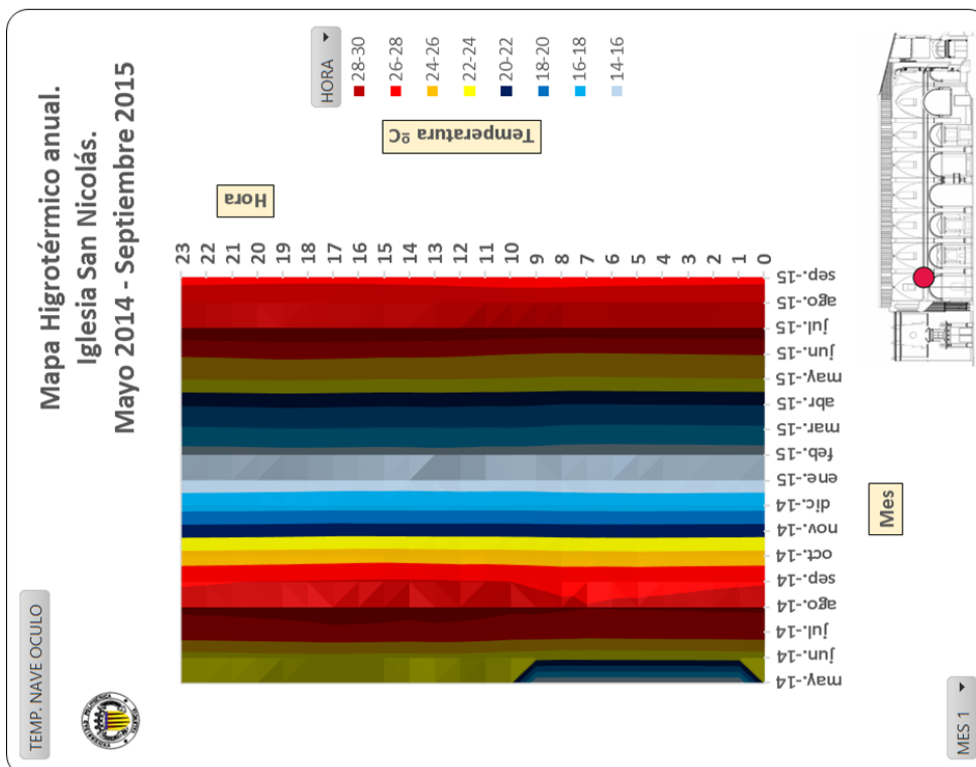
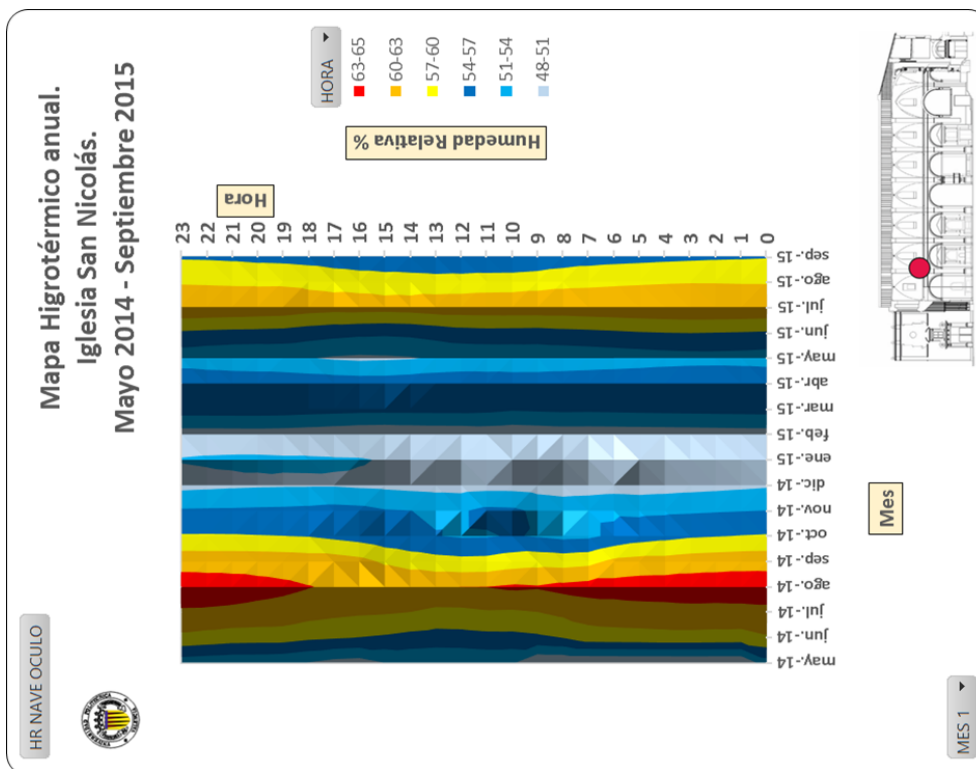
GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN HUMEDAD ESPECÍFICA VARIOS MESES. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.

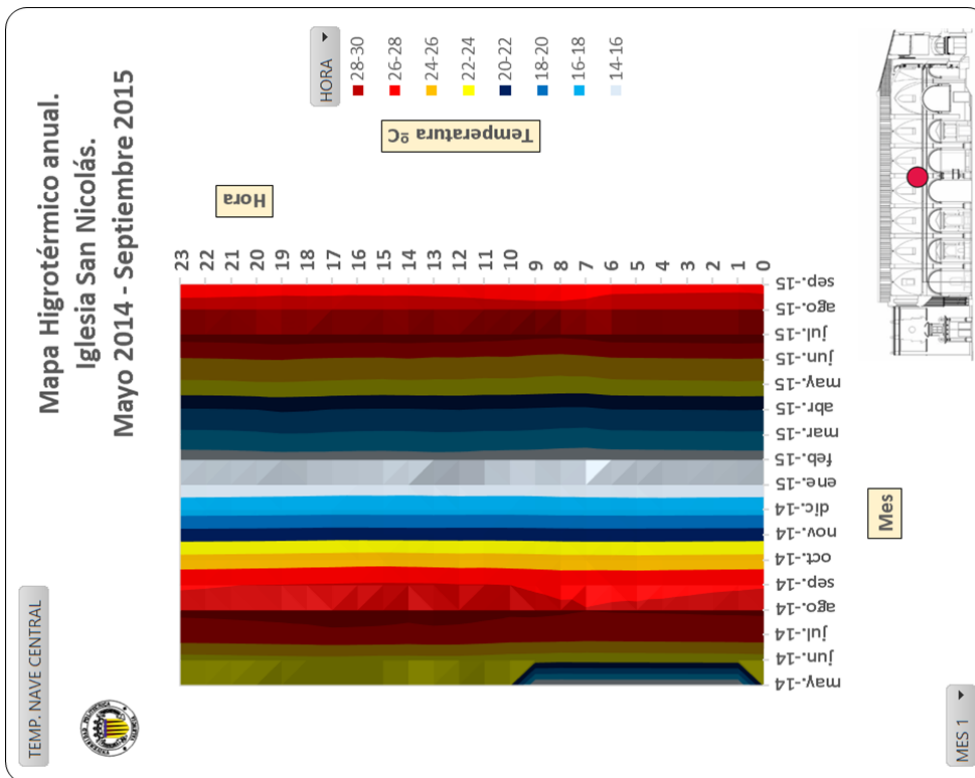
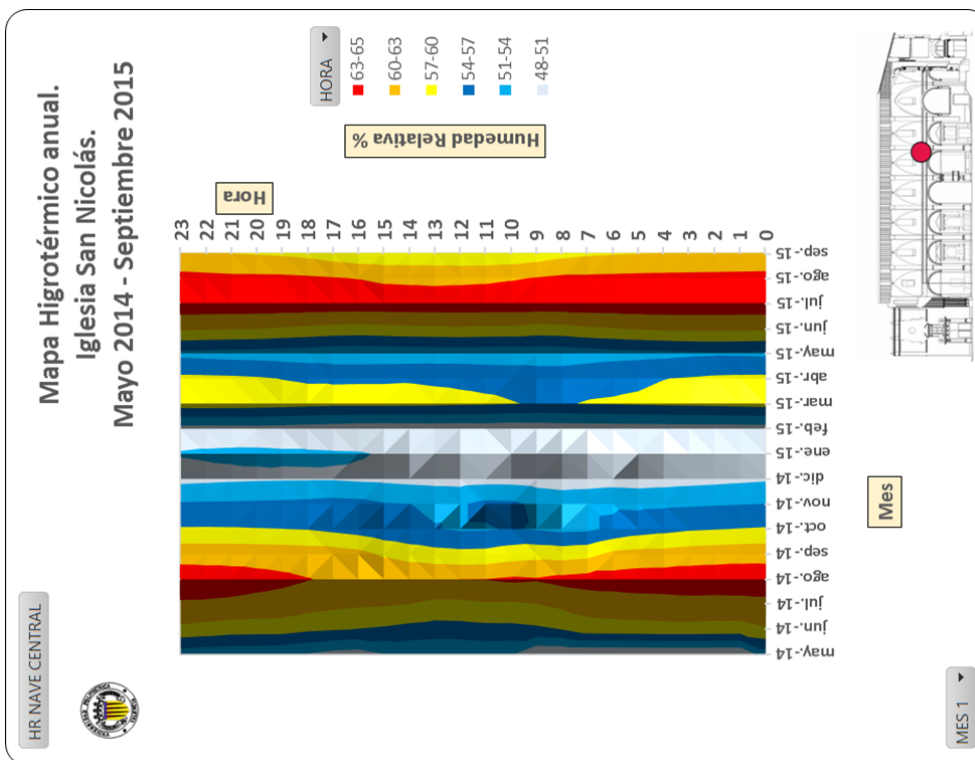


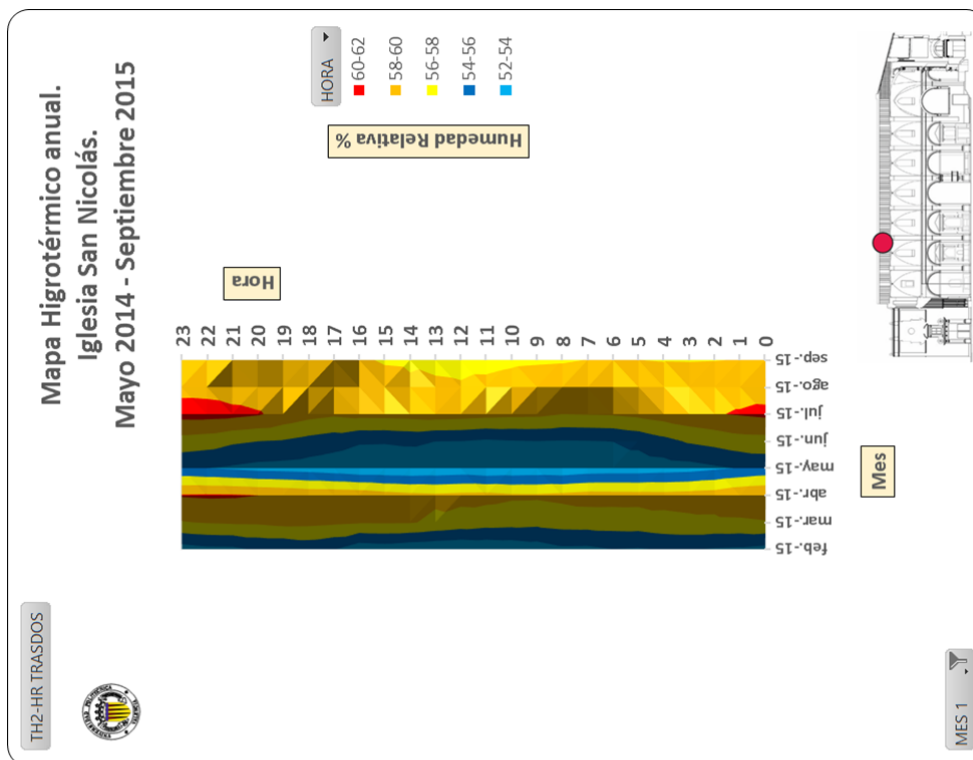
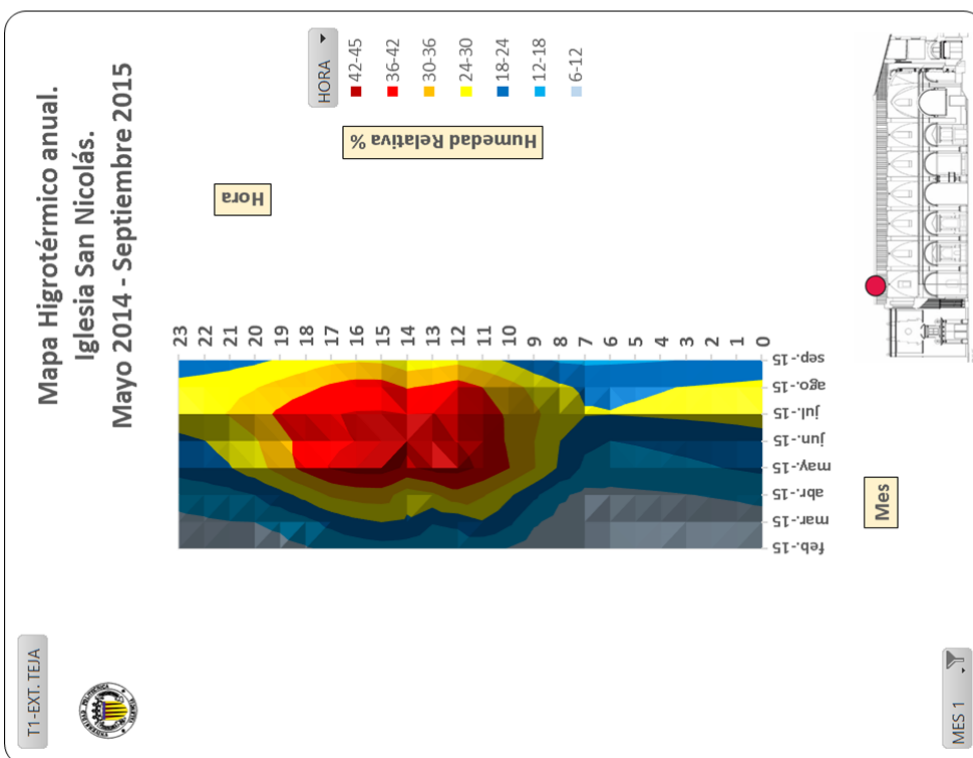
MAPAS 2D ANUAL. EVOLUCIÓN HORARIA

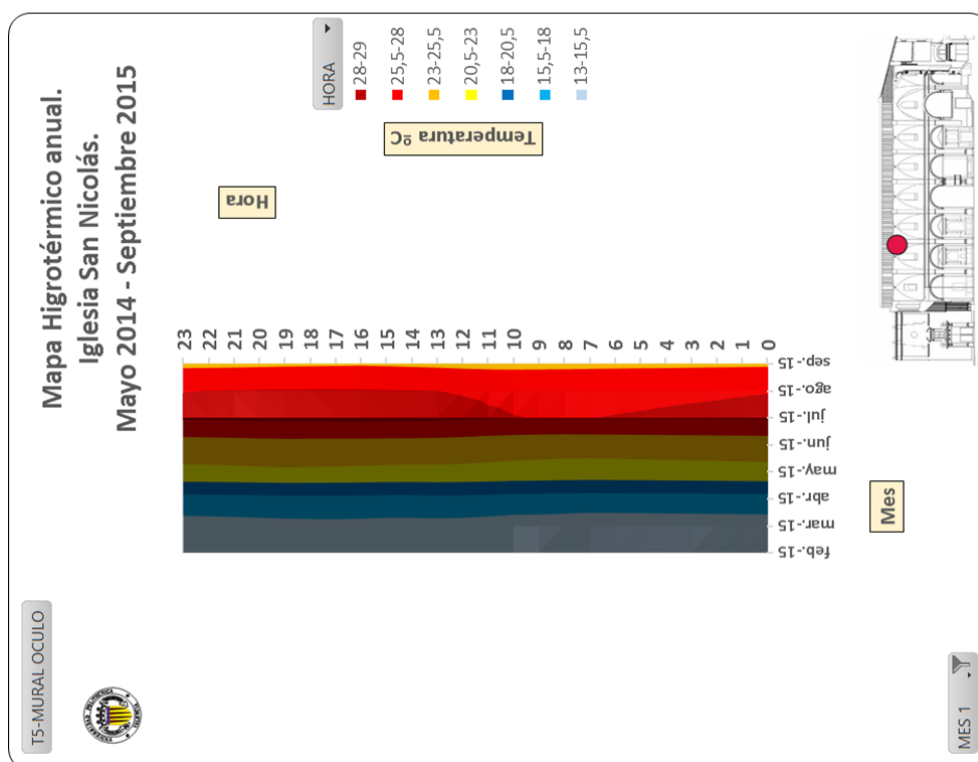
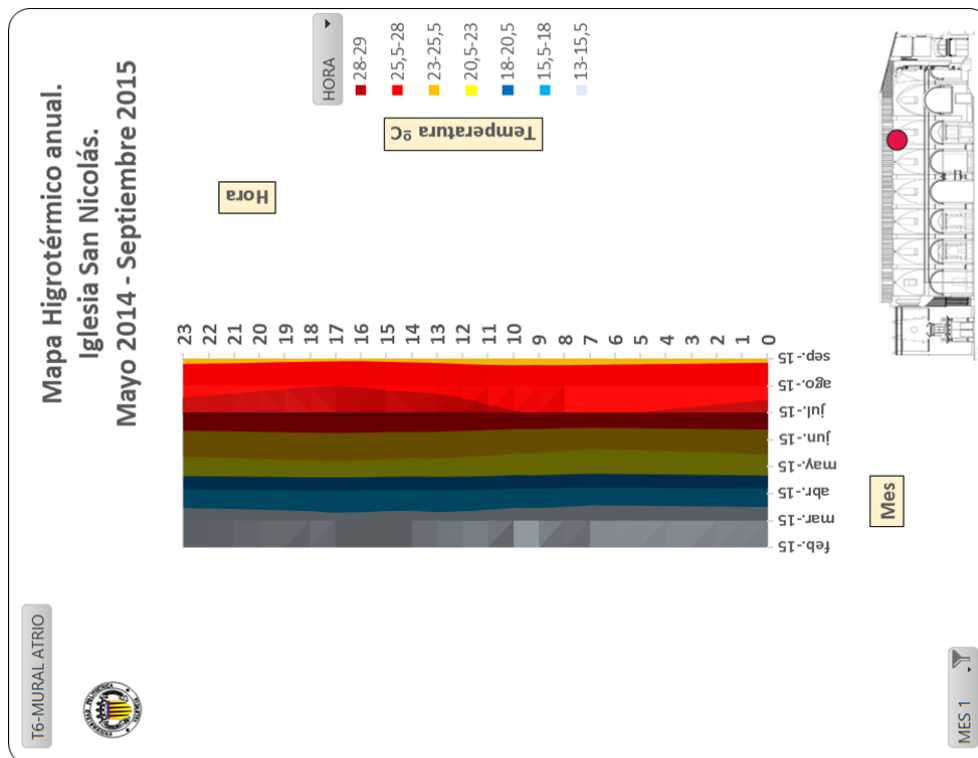
MAYO 2014 – SEPTIEMBRE 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.





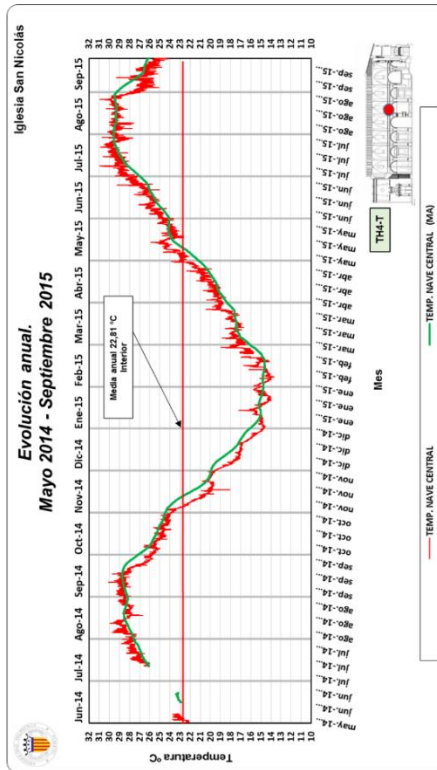
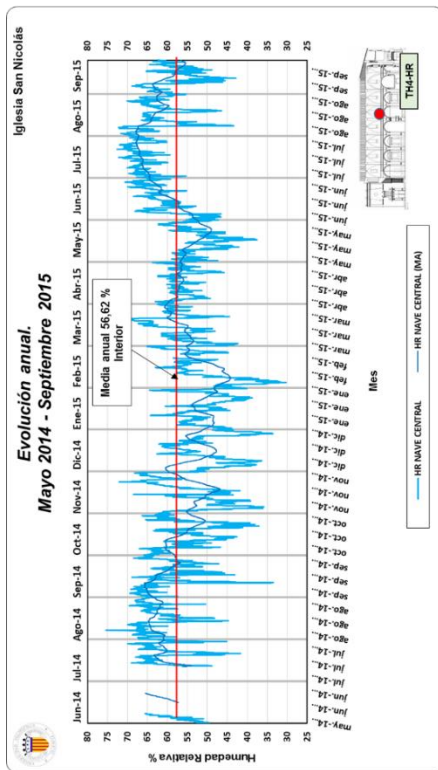
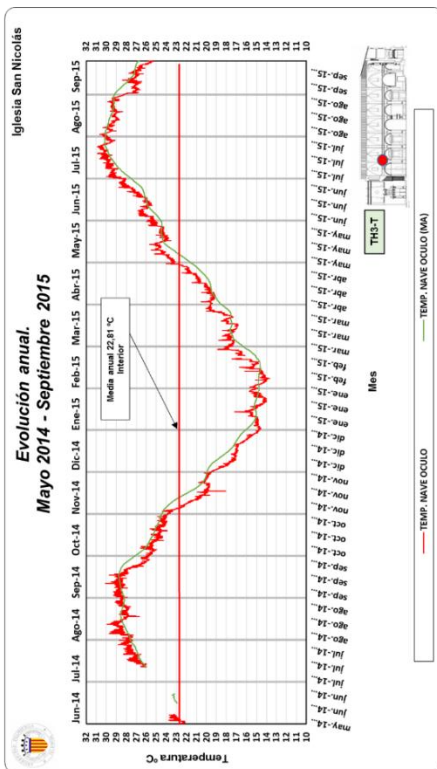
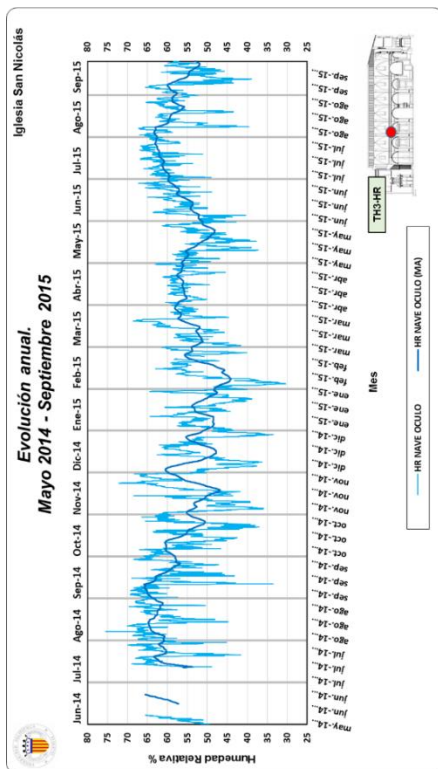


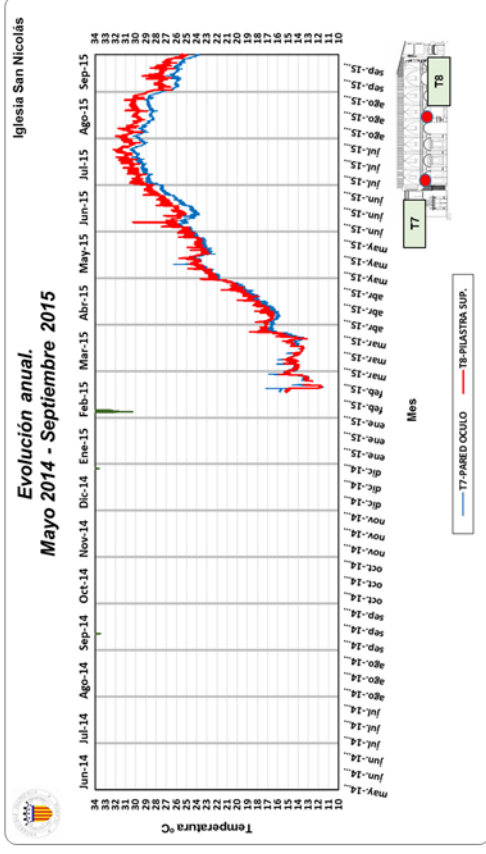
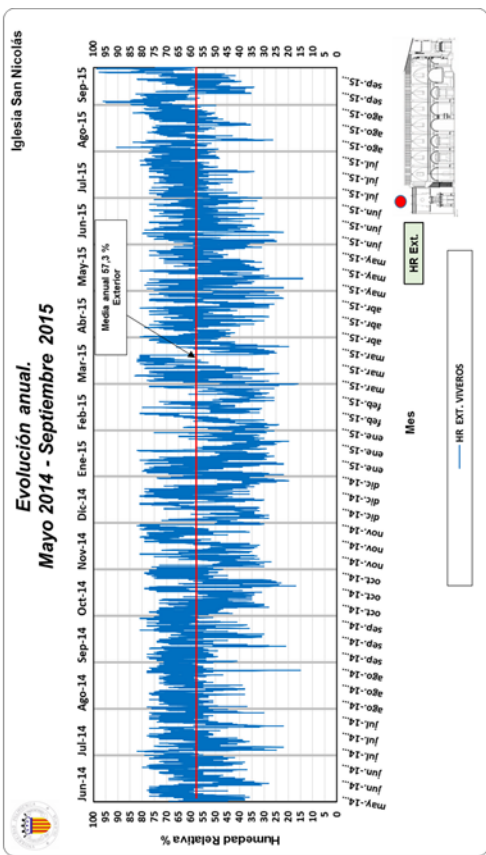
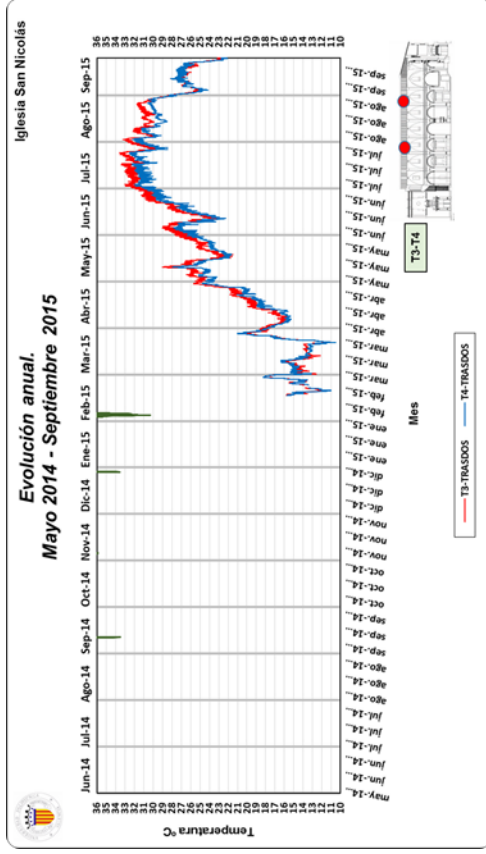
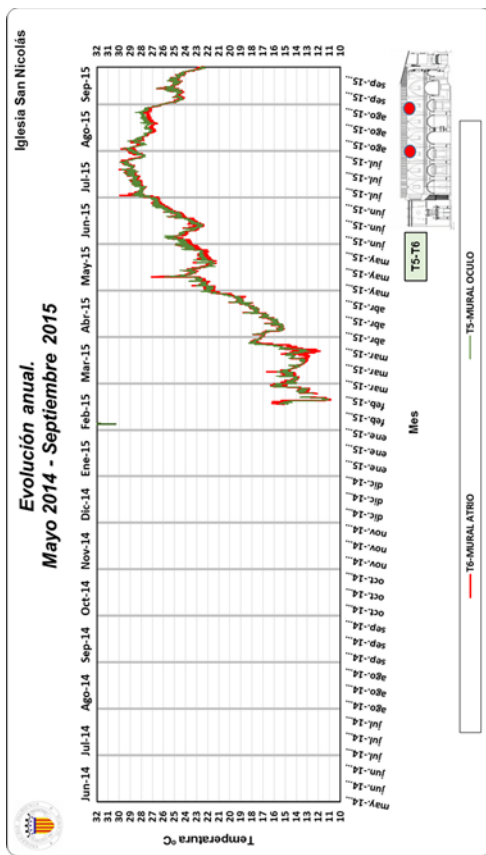




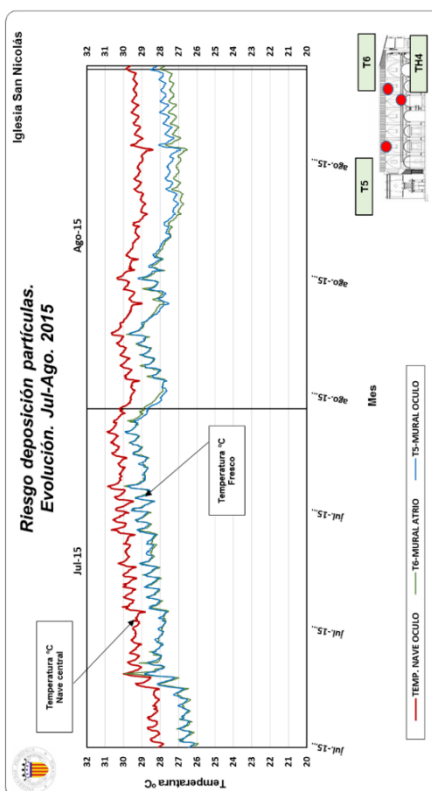
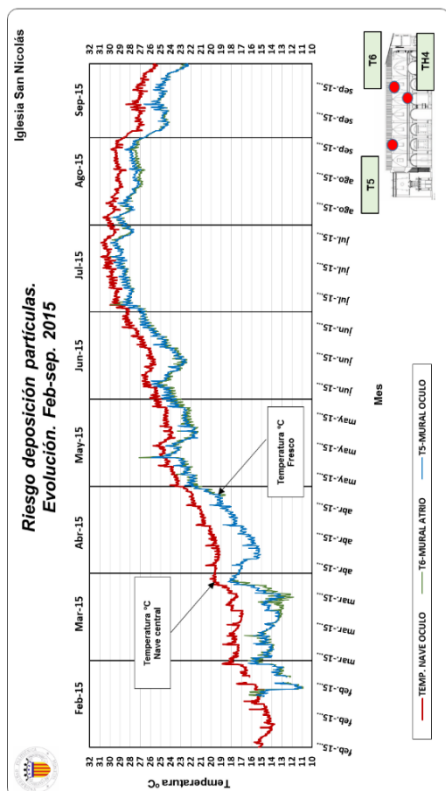
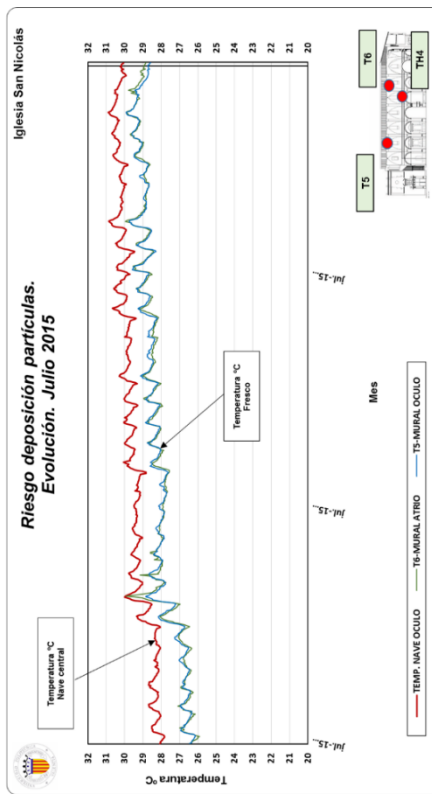
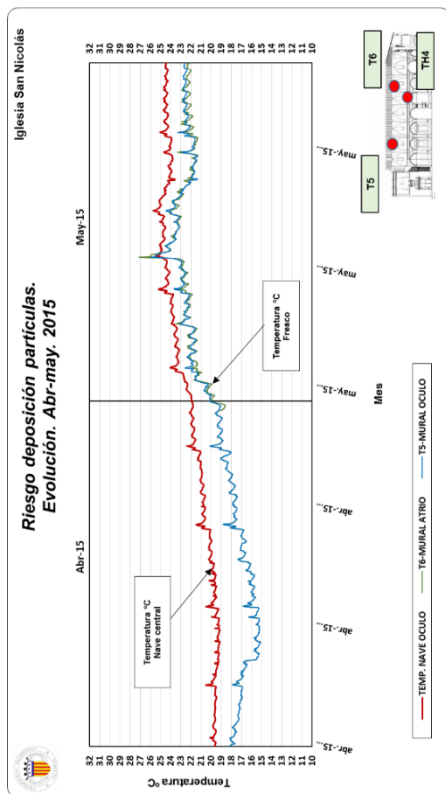
GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN ANUAL.

MAYO 2014 – SEPTIEMBRE 2015. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.

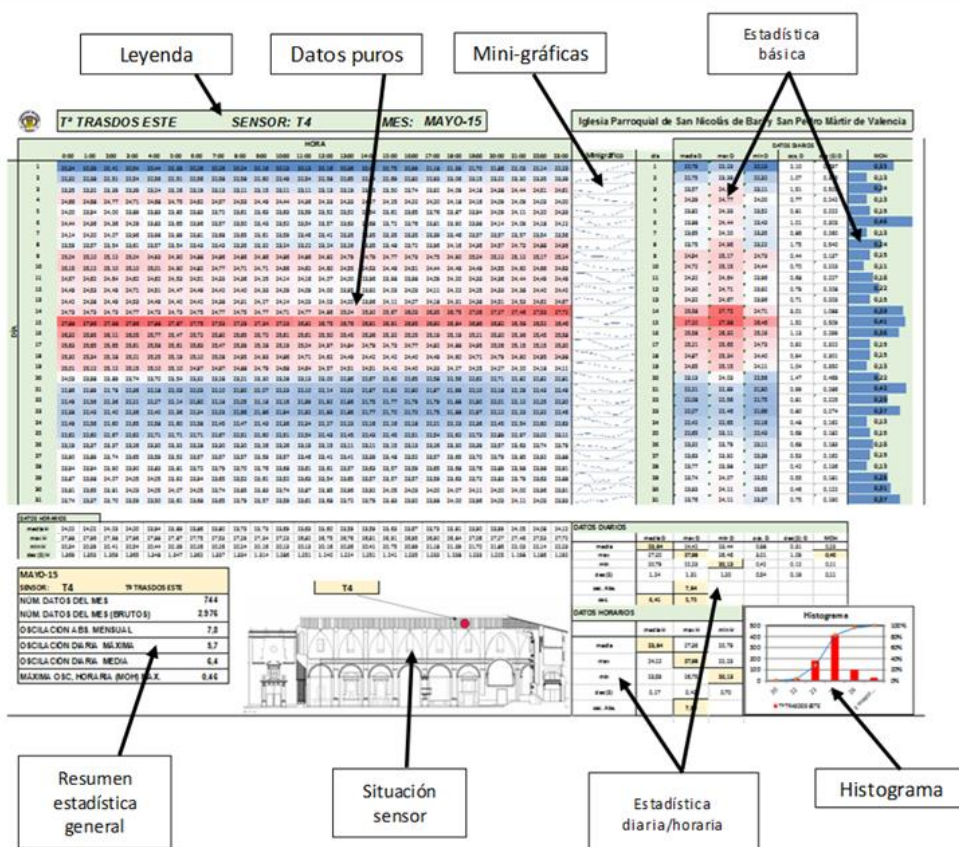




GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN. RIESGO DEPOSICIÓN PARTÍCULAS. VARIOS MESES. IGLESIA DE SAN NICOLÁS.



Adjuntamos una selección de tablas con los datos estadísticos asociados, que se obtienen del análisis pormenorizado realizado cada mes, para cada sensor. Estas tablas están diseñadas con dos objetivos: la simplicidad de lectura con los datos más relevantes en una misma hoja y la facilidad de introducción de los parámetros. Con estas tablas se procedió a confeccionar varios tipos de graficas de evolución y completar los cuadros resumen con la estadística y fluctuaciones que se han presentado en este trabajo. En la campana de medidas realizada en la Iglesia de San Nicolás desde mayo de 2014 a septiembre de 2015, realizaron un total de 216 tablas (por sensor y por mes)

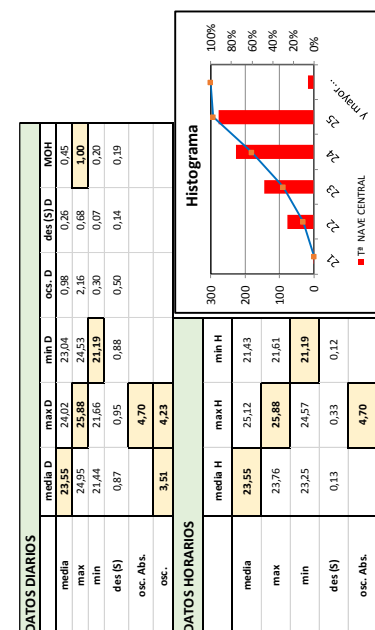


Iglesia Parroquial de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir de Valencia

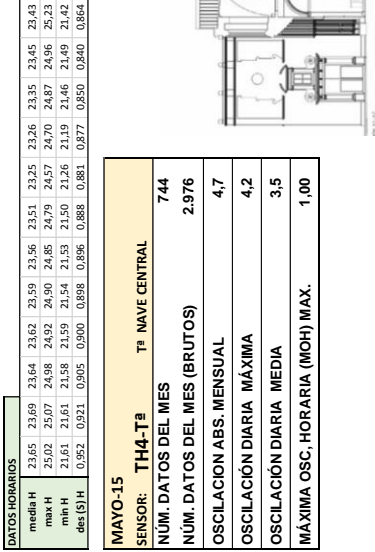
SENSOR: TH4-Tª MES: MA YO-15



DIA	HORA																								DATOS DIARIOS				MOH		
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	media D	max D	min D	osc. D		des (S) D	
1	21,61	21,66	21,61	21,60	21,54	21,53	21,50	21,26	21,19	21,46	21,49	21,42	21,31	21,33	21,27	21,26	21,41	21,41	21,37	21,36	21,46	21,45	21,51	21,50	21,64	21,66	21,19	21,42	21,19	0,47	0,27
2	21,64	21,61	21,58	21,59	21,64	21,58	21,53	21,42	21,45	21,68	21,81	21,73	21,57	21,54	21,65	21,63	21,59	21,70	21,79	22,07	21,76	21,40	21,75	21,74	21,88	21,61	21,53	21,53	0,83	0,32	
3	21,68	21,95	21,91	21,94	21,93	21,90	21,90	21,88	22,06	22,36	22,32	22,30	22,36	22,31	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30	0,83	0,30	
4	21,90	22,09	22,08	22,07	21,95	21,98	21,98	22,14	22,56	22,84	23,22	23,40	23,62	23,73	23,18	23,30	23,62	23,73	23,90	23,78	23,95	23,17	22,97	22,97	22,97	22,90	21,90	2,00	0,683	0,43	
5	23,53	23,08	23,03	23,08	22,94	22,91	22,85	22,85	22,78	22,85	22,99	22,89	22,90	22,94	23,05	22,94	23,08	22,92	23,08	22,98	23,01	22,80	22,56	22,55	22,63	22,79	22,51	0,53	0,150	0,43	
6	22,79	22,91	22,84	22,84	22,94	22,91	22,87	22,40	22,43	22,95	22,85	22,85	22,89	22,88	22,83	22,99	22,77	22,77	22,91	22,83	22,78	22,72	22,75	22,75	22,75	22,75	22,75	0,59	0,141	0,52	
7	22,87	22,97	22,92	22,87	22,84	22,84	22,80	22,82	22,69	22,63	22,61	22,76	22,89	22,87	22,83	22,88	23,01	22,83	22,96	22,88	22,83	22,83	22,74	22,71	22,71	22,71	22,71	0,52	0,129	0,32	
8	22,96	23,02	23,02	23,00	22,96	22,94	22,68	22,29	22,96	23,04	22,49	22,13	22,15	22,90	22,88	22,88	22,86	22,51	22,52	22,94	22,85	22,79	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	0,91	0,269	0,75	
9	22,82	23,10	23,12	23,14	23,10	23,02	22,85	22,80	22,71	22,36	22,48	22,75	23,06	23,01	22,90	22,94	22,86	22,95	22,61	22,65	22,94	22,81	22,79	22,86	22,86	22,86	22,86	0,78	0,197	0,35	
10	23,17	23,20	23,15	23,13	23,17	23,16	23,14	22,79	22,66	22,70	22,53	22,69	23,26	23,21	23,10	23,91	22,85	22,88	22,88	22,79	22,79	22,72	22,85	22,85	22,85	22,85	22,85	0,73	0,212	0,36	
11	23,14	23,20	23,27	23,21	23,22	23,21	23,08	22,48	22,90	23,18	23,60	23,82	24,01	24,05	23,91	23,76	23,75	24,17	24,32	24,64	24,24	23,88	23,59	23,45	23,45	23,45	23,45	2,16	0,508	0,60	
12	23,70	23,85	23,78	23,73	23,74	23,60	23,53	22,98	23,27	23,42	23,57	23,09	23,07	23,28	23,24	23,03	23,21	23,40	23,34	23,46	23,51	23,50	23,41	23,33	23,33	23,33	23,33	0,88	0,241	0,56	
13	23,62	23,73	23,74	23,67	23,62	23,60	23,50	23,07	23,17	23,40	23,46	23,58	23,67	23,68	23,74	23,58	23,84	24,16	24,37	24,47	24,35	24,28	24,24	24,22	24,22	24,22	24,22	0,30	0,074	0,20	
14	24,31	24,36	24,30	24,41	24,45	24,50	24,52	24,40	24,44	24,59	24,40	24,37	24,47	24,49	24,47	24,40	24,45	24,42	24,40	24,45	24,57	24,49	24,35	24,35	24,41	24,41	24,41	24,41	0,57	0,126	0,27
15	24,53	24,57	24,49	24,50	24,49	24,46	24,25	24,33	24,42	24,31	24,13	24,41	24,40	24,51	24,45	24,45	24,45	24,45	24,45	24,45	24,45	24,45	24,36	24,39	24,39	24,39	24,39	0,52	0,143	0,23	
16	24,49	24,53	24,47	24,47	24,41	24,33	24,24	24,02	24,02	24,05	24,17	24,38	24,31	24,36	24,19	24,19	24,25	24,27	24,18	24,41	24,32	24,20	24,16	24,22	24,22	24,22	24,22	0,52	0,143	0,23	
17	24,28	24,43	24,33	24,32	24,25	24,28	24,22	23,98	23,82	23,88	24,04	24,18	24,56	24,29	24,35	24,39	24,28	24,31	25,07	25,00	24,61	24,45	24,43	24,36	24,36	24,36	24,36	1,25	0,281	0,75	
18	24,59	24,59	24,57	24,56	24,46	24,44	24,37	24,18	24,31	24,63	24,96	25,23	25,38	25,31	25,11	25,02	25,25	25,65	25,82	25,88	25,48	25,23	24,91	24,88	24,88	24,88	24,88	0,55	0,148	0,40	
19	25,02	25,07	24,98	24,92	24,90	24,85	24,79	24,57	24,70	24,87	24,83	24,67	24,74	24,72	24,59	24,53	24,68	24,61	24,87	24,90	25,00	24,92	24,86	24,80	24,80	24,80	24,80	0,56	0,167	0,22	
20	24,84	24,84	24,79	24,74	24,72	24,65	24,57	24,35	24,28	24,29	24,42	24,44	24,41	24,54	24,35	24,41	24,39	24,46	24,47	24,52	24,47	24,40	24,40	24,33	24,33	24,33	24,33	0,91	0,248	0,52	
21	24,42	24,42	24,37	24,34	24,33	24,25	24,21	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	24,03	0,52	0,143	0,23	
22	24,12	24,15	24,09	24,07	24,05	24,03	23,94	23,65	23,65	23,82	23,64	22,64	22,71	22,83	23,02	23,31	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	1,51	0,638	1,00	
23	23,62	23,73	23,76	23,77	23,73	23,75	23,64	23,24	23,46	23,90	24,25	24,42	24,58	24,53	24,43	24,31	24,40	24,62	24,74	24,81	24,53	24,19	23,99	23,90	23,90	23,90	23,90	2,02	0,478	0,67	
24	24,19	24,16	24,15	24,11	24,03	23,97	23,89	23,44	23,46	23,35	23,77	23,54	23,39	23,40	24,22	23,85	23,86	23,85	24,06	23,90	23,94	23,87	23,74	23,74	23,74	23,74	1,48	0,356	0,46		
25	24,00	24,02	23,93	23,99	23,94	23,89	23,85	23,87	23,41	23,14	23,50	23,33	23,41	23,48	23,75	23,53	23,71	24,07	24,09	24,18	24,08	24,05	24,02	24,02	24,02	24,02	1,03	0,293	0,38		
26	24,24	24,23	24,23	24,16	24,12	24,09	24,01	23,81	23,56	23,49	23,67	23,69	23,82	23,98	24,31	23,97	24,12	24,14	24,31	24,25	24,26	24,19	24,18	24,07	24,07	24,07	24,07	0,82	0,235	0,34	
27	24,32	24,31	24,27	24,24	24,17	24,16	24,06	23,77	23,72	23,79	23,78	23,40	23,45	23,41	23,83	23,68	23,77	23,86	24,04	24,09	24,11	24,01	23,99	24,02	24,02	24,02	24,02	0,92	0,269	0,42	
28	24,17	24,19	24,21	24,17	24,19	24,17	24,16	23,95	23,67	23,50	23,62	23,91	23,84	23,89	23,81	23,75	23,70	23,75	23,78	23,72	24,30	24,29	24,28	24,24	24,24	24,24	24,24	0,80	0,245	0,33	
29	24,30	24,32	24,32	24,26	24,23	24,22	24,21	24,07	24,04	24,09	23,82	23,93	24,32	24,35	24,32	24,31	24,25	24,19	24,19	24,17	24,18	24,22	24,22	24,16	24,16	24,16	24,16	0,53	0,124	0,40	
30	24,30	24,32	24,32	24,26	24,23	24,22	24,21	24,07	24,04	24,09	23,82	23,93	24,32	24,35	24,32	24,31	24,25	24,19	24,19	24,17	24,18	24,22	24,22	24,16	24,16	24,16	24,16	0,53	0,124	0,40	
31	24,30	24,32	24,32	24,26	24,23	24,22	24,21	24,07	24,04	24,09	23,82	23,93	24,32	24,35	24,32	24,31	24,25	24,19	24,19	24,17	24,18	24,22	24,22	24,16	24,16	24,16	24,16	0,53	0,124	0,40	

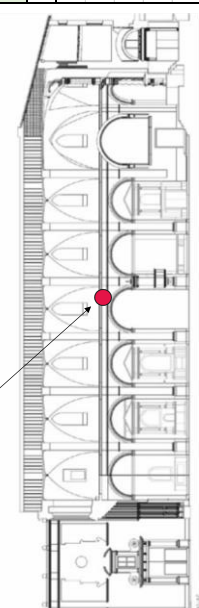


DATOS DIARIOS	
media D	23,55
max	24,95
min	21,44
osc. (S)	0,87
osc. Abs.	4,70
osc.	3,51



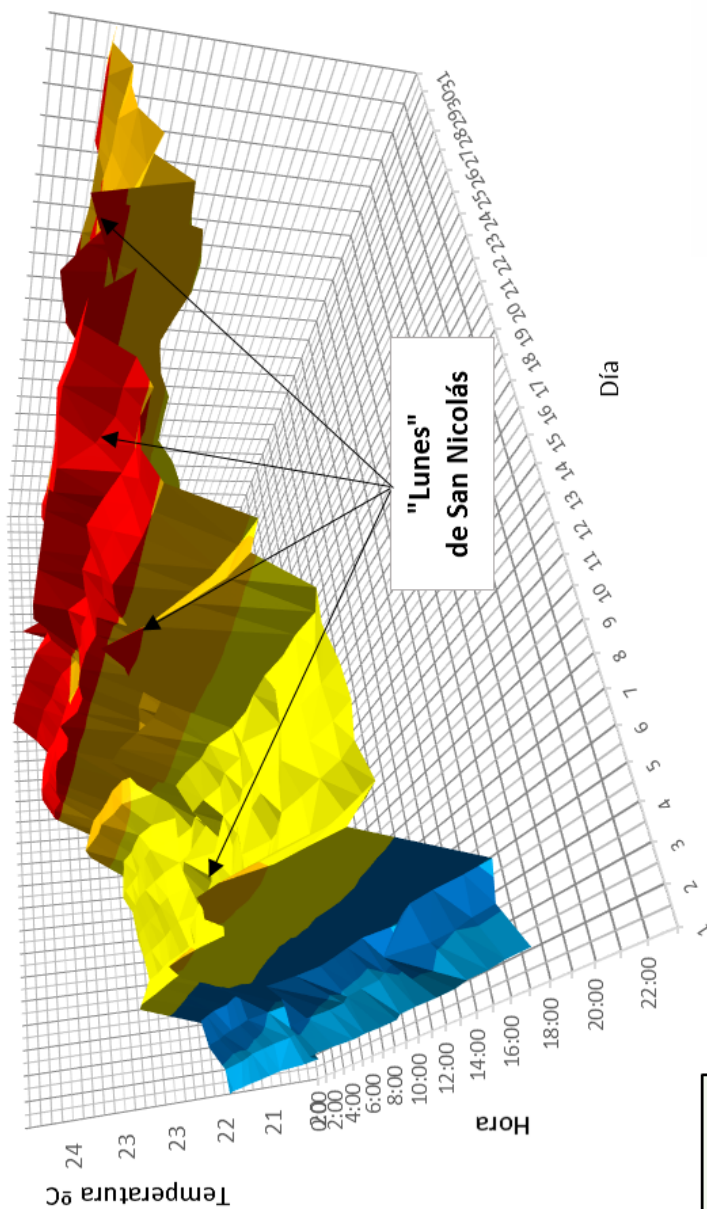
DATOS HORARIOS	
media H	23,55
max H	23,76
min H	23,25
osc. (S)	0,13
osc. Abs.	4,70

MAYO-15	
SENSOR: TH4-Tª	Tª NAVE CENTRAL
NÚM. DATOS DEL MES	744
NÚM. DATOS DEL MES (BRUTOS)	2.976
OSCILACION ABS. MENSUAL	4,7
OSCILACION DIARIA MÁXIMA	4,2
OSCILACION DIARIA MEDIA	3,5
MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MAX.	1,00



Iglesia de San Nicolás.

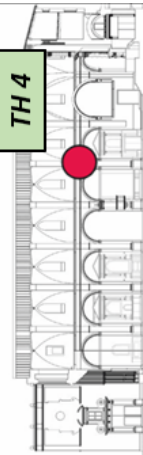
Temperatura Nave central. Mayo 2015.



Rango Temperaturas

- 20-21
- 21-22
- 22-23
- 23-23
- 23-24
- 24-25

TH 4





SENSOR: Tª EXT. MES: JUNIO-15

DÍA	HORA																								Mínigráfico	DATOS DIARIOS					MOH
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		media D	max D	min D	osc. D	des (S) D	
1	20,8	20,5	20,1	19,8	19,6	19,4	20	20,7	21,9	24,2	23,9	25,1	25,4	25,5	24,4	24,1	23,5	23,2	22,8	22,4	22,3	21,9	21,6	21,2	22,26	25,50	19,40	6,10	1,894		
2	21	20	19,6	18,7	18,2	17,8	19,2	20,6	22,3	24,6	25	25,7	25,1	25,7	26,4	25,4	24,9	25	24	23,4	22,9	21,9	21,2	20,6	22,47	26,40	17,80	8,60	2,652		
3	19,7	19,1	18,6	18,4	18,1	17,9	18,5	20,1	21,8	25,8	26,3	25,9	26,5	26,8	27,5	26,7	26,6	25,8	25,2	24,5	23,6	22,9	21,8	21,2	22,89	27,50	17,90	9,60	3,336		
4	20,4	19,5	18,9	18,3	17,4	17,7	18,3	19,8	22,3	24,7	25,7	25,8	26,7	27,4	27,3	25,7	24,8	24,1	23,1	22,2	21,4	20,7	20,6	22,62	27,40	17,40	10,00	3,211			
5	19,8	19,2	19,1	18,7	18,3	18,1	18,8	20,3	21,7	26	25,6	25,8	26,4	26,6	26,8	26,4	26,5	25,9	25	24,6	23,3	22,4	21,7	20,6	22,82	26,80	18,10	8,70	3,159		
6	19,8	20	19,2	18,7	17,9	17,8	18,8	20,2	22,6	26,9	27,6	27,3	26,9	28,2	27,5	26,6	26,2	26,2	25,7	23,9	22,7	21,6	20,5	23,39	28,50	17,80	10,70	3,678			
7	20,2	19,9	19,8	19,5	19,2	19,3	19,7	21,3	24,7	28,4	29,5	30,2	28,5	28,8	28,6	28,5	28,3	27,6	26,5	25	23,8	23,4	22,9	24,67	30,20	19,20	11,00	3,889			
8	22,1	21,4	20,9	20,1	19,8	19,4	20,3	22,2	24,1	27,7	28,6	29,3	28,5	28,2	27,5	25,9	25,2	25,5	24,7	24,1	23,6	23,4	23,2	24,13	29,30	19,40	9,90	2,980			
9	23,2	23,2	22,6	22,1	21,8	21,9	21,9	22,7	23,5	25	26,4	26,9	26,5	26,3	27	25,5	25,3	25,2	24,4	24	24	23,6	23,4	24,20	27,00	21,80	5,20	1,594			
10	23,3	22,6	22,3	21,8	21,7	21,9	22,1	23,7	24,2	24,1	23,8	23	24,7	24,4	24,8	23,9	24,2	23,8	23,3	23,3	23	22,6	22,2	23,20	24,80	21,70	3,10	0,946			
11	21,8	21,5	21,3	20,8	20,9	20,8	20,2	21,2	22,5	25	27,4	30	28,2	27,5	27,6	26,5	26,6	25,9	26	25	23,9	23,7	23,6	24,35	30,00	20,20	9,80	2,811			
12	23,2	23,1	23	23,1	23	22,8	22,6	23,6	24,3	25,5	24,5	22,6	23,3	24	23,5	23,6	23	22,8	18,5	17,8	17,9	17,6	17,7	22,78	28,70	16,90	11,80	4,047			
13	17,6	17,4	17,5	17,3	16,9	16,9	17,7	19,2	21,7	24,6	26,8	27,1	27,6	28,7	28,7	25,7	25,2	25,1	25,1	25,2	24,8	24,3	23,7	20,83	25,70	16,30	9,40	3,217			
14	21,1	20,3	19,5	19,2	19,2	18,5	19,2	20,8	22,9	24,9	25,2	25,7	24,9	24,7	24,2	23,7	23,6	22,7	17	16,8	16,5	16,3	16,5	19,81	24,30	16,10	8,20	2,719			
15	16,4	16,3	16,4	16,6	16,2	16,1	16,3	17,2	18,7	20,7	21,6	20,7	20,7	20,5	24,3	23,4	23	22,6	22,4	21,6	20,5	19,6	19,1	21,32	24,20	17,20	7,00	2,515			
16	18,6	18,4	18	17,8	17,8	17,2	17,6	19,3	20,9	24	24,2	24,1	23,6	24	23,8	23,3	23,9	23,5	23,4	23	21,8	21,6	21,1	22,76	27,20	17,90	9,30	3,110			
17	19,6	19,2	18,7	18,3	18,2	17,9	18,5	19,7	22,2	24,2	24,9	25,8	25,3	25,5	27	27,2	25,5	25,5	25,5	24,3	23,3	22,5	22	23,61	27,20	19,90	7,30	2,575			
18	21,2	20,8	20,4	19,9	19,9	19,9	20,4	22	23,7	26,3	26,3	26,5	26,8	27	26,6	27,2	26,8	25,7	25,4	24,7	24	23,2	22,7	24,23	27,20	20,70	6,50	2,040			
19	22	21,1	21,6	21,3	20,1	20	20,1	21,3	23,6	24,7	25,3	25,7	24,8	24,8	24,9	25,6	24,5	24,1	24,1	23,5	23,1	22,8	22,5	25,55	31,30	21,40	9,90	2,749			
20	21,7	21,2	20,8	20,4	20,2	19,9	20,7	21,9	22,8	25,1	26	26,1	26	27	27,9	27,1	27,3	26,3	25,6	24,5	23,9	23,5	23,2	23,83	27,90	19,90	8,00	2,522			
21	22,3	21,9	21,2	21,4	20,7	20,7	21,6	22,9	24,1	25,6	26	26,4	27,2	26,5	25,9	26,1	26,4	25,5	24,8	24,5	24,3	25,5	25,4	24,7	24,23	27,20	20,70	6,50	2,040		
22	24,8	24,3	24,2	23,6	22,5	21,4	22,3	23,6	25,9	29,7	31,3	30,3	30,6	28,9	27,7	27,1	23,7	24,9	25,8	24,6	24,6	24,8	23,3	23,4	25,55	31,30	21,40	9,90	2,749		
23	23,4	22,4	21,7	21,1	20,8	20,3	20,8	22,1	23,9	25,3	26,3	26,7	27,4	26,4	26,6	25,8	24,7	24,9	24,5	23,9	23,9	23,2	23,4	23,1	23,86	27,40	20,30	7,10	2,080		
24	22,7	22,7	21,9	21,3	20,8	20,4	21,2	22,2	24,4	26,4	26,9	27,1	27	26,9	27,4	27,1	26,7	26,2	25,7	25,2	24,3	23,9	23,7	22,9	24,38	27,40	20,40	7,00	2,295		
25	24,2	23,6	23,3	23	22,5	22	22,3	24	24,9	27,2	27,1	27,7	27,7	28	29,5	29,2	28,5	28,2	27,8	27,4	26,5	26,5	25	26,23	31,60	20,90	10,70	3,745			
26	24	23,9	23,5	23,2	22,6	22,2	23,5	24,7	25,5	27,2	28	28,9	28,4	28,8	28,8	28,9	27,7	27	26,5	25,9	25,4	25,2	24,8	24,5	25,89	29,50	22,00	7,50	2,277		
27	24	24	23,8	23,8	23,2	23,4	23,6	24,1	25,3	27	28,1	27,9	28,5	28	28,6	27,9	27,2	27,3	27,1	26,6	25,7	25,3	25	24,9	26,23	31,60	20,90	10,70	3,745		
28	24,1	24	23,8	23,8	23,2	23,4	23,6	24,1	25,3	27	28,1	27,9	28,5	28	28,6	27,9	27,2	27,3	27,1	26,6	25,7	25,3	25	24,9	25,80	28,90	22,20	6,70	2,124		
29	23,9	23,2	22,9	22,4	21,9	22	22,2	23,9	26,1	29	30,2	31,2	30,2	29,4	29,2	29	27,8	27,6	27,5	27	26,4	26,2	25,9	25,2	25,85	28,60	23,20	5,40	1,877		
30	24,4	23,6	23,2	23,3	22,5	22,4	23,1	24,1	25,8	27,1	28,3	27,5	27,8	28,6	28,3	27,7	27,6	27,3	26,9	26,3	25,8	25,8	25,4	26,26	31,20	21,90	9,30	2,864			
31																								25,78	28,60	22,40	6,20	1,959			

DATOS HORARIOS					
media H	23,69	max H	27,44	min H	16,65
max	27,00	31,60	23,20	16,40	
min	19,81	24,20	16,10		
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

DATOS DIARIOS					
media D	23,69	max D	27,72	min D	19,60
max	26,26	31,60	23,20	11,80	4,05
min	19,81	24,20	16,10	3,10	0,95
des (S)	1,61	1,97	1,96	1,99	0,72
osc. Abs.		15,90			
osc.	6,45	7,40			

IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS DE BARI Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA

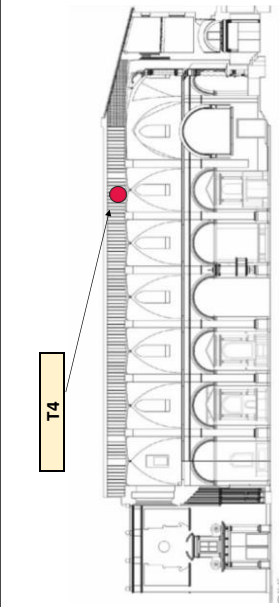
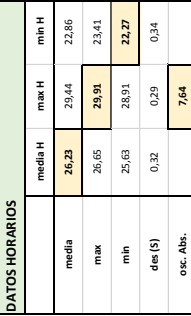
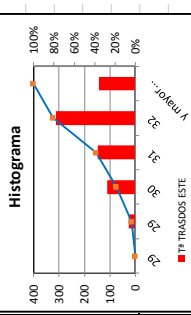
SENSOR: T4 MES: JUNIO-15

Tª TRASDOS ESTE

DIA	HORA																								MOH		
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00			
1	23.85	24.14	23.94	24.07	23.92	23.98	23.74	23.92	23.85	24.07	24.07	24.09	24.11	24.14	24.14	24.25	24.27	24.31	24.47	24.36	24.31	24.40	24.37	24.40	24.37	0.29	
2	24.49	24.60	24.31	24.44	24.33	24.62	24.62	24.51	24.51	24.55	24.55	24.64	24.73	24.77	24.84	24.84	24.82	24.88	24.95	24.88	24.88	24.97	24.88	24.86	24.86	0.29	
3	24.86	24.88	24.75	24.71	24.79	24.93	24.99	24.95	24.88	24.90	24.95	25.06	25.15	25.21	25.21	25.23	25.36	25.45	25.47	25.50	25.65	25.72	25.87	26.08	26.15	0.13	
4	25.78	25.85	25.71	25.63	25.45	25.06	24.84	24.64	24.66	24.99	25.01	25.21	25.23	25.36	25.45	25.47	25.50	25.65	25.72	25.87	26.08	26.15	26.22	26.33	26.33	0.39	
5	26.39	26.41	26.30	25.72	25.72	25.56	25.41	25.32	25.43	25.54	25.43	25.61	25.74	25.78	25.85	25.80	25.80	25.87	25.93	26.07	26.15	26.17	26.22	26.22	26.18	0.58	
6	26.28	26.35	26.34	26.03	25.80	25.69	25.63	25.43	25.43	25.67	25.74	25.82	25.93	26.02	26.11	26.17	26.24	26.35	26.41	26.52	26.62	26.65	26.76	26.76	26.76	0.35	
7	26.73	26.65	26.52	26.39	26.16	25.65	25.69	25.45	25.56	25.74	25.93	26.00	26.09	26.13	26.21	26.26	26.37	26.41	26.54	26.69	26.77	26.86	27.01	27.02	27.02	0.52	
8	27.12	27.01	26.97	26.63	26.13	25.63	25.43	25.54	25.56	25.95	26.13	26.34	26.32	26.43	26.60	26.75	26.86	26.93	27.04	27.16	27.25	27.33	27.40	27.51	27.51	0.51	
9	27.53	27.62	27.57	27.32	26.93	26.99	27.06	26.90	26.82	26.84	26.99	27.01	27.08	27.10	27.19	27.16	27.31	27.49	27.57	27.68	27.72	27.79	27.79	27.79	27.79	0.39	
10	27.70	27.66	27.79	27.83	27.72	27.57	27.51	27.31	27.12	27.19	26.91	27.08	27.23	27.32	27.36	27.42	27.51	27.44	27.46	27.49	27.51	27.44	27.23	27.36	27.36	0.28	
11	27.40	27.08	27.18	27.04	27.29	26.95	27.04	27.14	26.93	26.65	26.73	26.91	27.14	26.90	27.31	27.16	27.16	27.29	27.25	27.18	27.10	27.14	27.01	27.19	27.19	0.41	
12	26.82	26.82	26.78	26.54	26.20	26.04	26.06	25.23	25.52	25.61	26.00	25.99	26.19	26.37	26.86	26.84	26.88	26.93	26.99	27.12	27.23	27.36	27.34	27.24	27.24	0.88	
13	27.32	27.40	27.27	27.34	27.08	26.80	27.08	27.10	27.25	27.06	27.01	26.90	26.63	26.80	26.69	26.77	26.75	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	1.30
14	24.29	24.57	24.36	24.22	23.96	24.11	23.83	23.61	23.30	23.57	24.05	24.27	24.40	24.44	24.62	24.71	24.90	25.28	25.28	25.36	25.34	25.12	25.06	24.98	24.98	0.48	
15	24.88	24.71	24.57	24.38	23.89	23.76	23.59	23.63	23.65	24.03	24.16	24.27	24.31	24.40	24.49	24.64	24.68	24.77	24.84	24.22	23.30	23.24	22.62	22.56	22.56	0.92	
16	22.88	22.75	22.45	22.31	22.62	22.47	22.45	22.27	22.36	22.89	23.02	22.95	22.86	23.11	23.17	23.19	23.32	23.37	23.41	23.41	23.41	23.54	23.68	23.58	23.58	0.53	
17	23.83	23.52	23.35	23.22	23.17	22.93	22.93	22.93	23.24	23.35	23.41	23.46	23.43	23.39	23.46	23.50	23.57	23.63	23.79	23.89	23.94	24.07	24.18	24.18	24.18	0.31	
18	24.22	24.29	24.14	24.14	23.94	23.92	23.59	23.37	23.54	23.79	23.89	23.96	23.98	24.03	24.25	24.42	24.55	24.66	24.86	24.86	24.95	24.97	25.04	25.07	25.07	0.33	
19	35.19	35.19	34.99	34.79	34.36	34.36	34.25	34.14	34.31	34.57	34.73	34.77	34.83	34.88	34.93	35.04	35.21	35.39	35.50	35.56	35.63	35.76	35.80	35.89	35.89	0.44	
20	25.91	25.91	25.58	25.32	25.04	25.08	25.30	25.40	25.61	25.65	25.69	25.65	25.69	25.76	25.88	25.96	26.03	26.15	26.28	26.32	26.37	26.39	26.48	26.48	26.48	0.50	
21	26.82	26.90	26.47	26.18	26.28	26.25	26.15	25.93	26.02	26.35	26.58	26.56	26.60	26.69	26.71	26.76	26.86	26.95	27.03	27.06	27.08	27.23	27.21	27.13	27.13	0.43	
22	27.04	26.91	26.86	26.52	26.56	26.52	26.54	26.52	26.41	26.77	26.82	26.97	27.08	27.27	27.36	27.57	27.66	27.25	27.03	27.23	27.31	27.19	27.10	27.31	27.31	0.35	
23	27.19	27.14	27.03	27.10	26.62	26.58	26.37	26.37	26.45	26.54	26.62	26.62	26.62	26.65	26.69	26.71	26.76	26.86	26.95	27.01	27.06	27.03	26.88	26.88	26.88	0.82	
24	26.91	27.14	27.16	27.10	26.71	26.73	26.34	26.58	26.65	26.77	26.90	26.91	27.01	27.03	27.10	27.14	27.21	27.27	27.29	27.40	27.44	27.62	27.70	27.66	27.66	0.39	
25	26.91	27.14	27.16	27.10	26.71	26.73	26.34	26.58	26.65	26.77	26.90	26.91	27.01	27.03	27.10	27.14	27.21	27.27	27.29	27.40	27.44	27.62	27.70	27.66	27.66	0.54	
26	27.44	27.46	27.12	27.32	27.25	27.08	26.62	26.21	26.43	26.65	27.12	27.38	27.75	27.75	27.79	27.83	27.94	28.03	28.57	28.46	28.57	28.67	28.72	28.79	28.79	0.56	
27	28.87	28.78	28.71	28.59	28.61	28.15	28.22	27.83	28.39	28.59	28.67	28.63	28.69	28.71	28.78	28.80	28.84	28.95	28.97	29.08	29.19	29.27	29.36	29.36	29.36	0.58	
28	29.36	29.06	28.97	28.93	28.87	28.59	28.37	28.95	29.02	29.13	29.17	29.15	29.15	29.13	29.13	29.19	29.30	29.36	29.47	29.56	29.68	29.66	29.71	29.73	29.73	0.56	
29	29.71	29.73	29.62	29.51	29.53	29.36	28.91	28.89	28.82	29.15	29.25	29.23	29.27	29.25	29.34	29.43	29.45	29.53	29.54	29.56	29.66	29.58	29.64	29.64	29.64	0.45	
30	29.64	29.40	28.97	28.41	28.39	28.22	28.71	28.22	28.08	28.50	28.65	28.99	29.08	29.13	29.21	29.23	29.34	29.47	29.62	29.69	29.84	29.86	29.86	29.91	29.91	0.56	
31																											

DATOS DIARIOS									
media D	max D	min D	osc. D	des (S) D	MOH				
26.23	26.89	25.40	0.41	0.50	0.29				
29.38	29.91	28.82	2.59	0.74	1.30				
22.97	23.68	22.27	0.66	0.18	0.13				
1.64	1.62	1.65	0.50	0.15	0.22				
osc. Abs.	7.64								
osc.	6.41	6.24							

DATOS HORARIOS									
media H	max H	min H	osc. H	des (S) H					
26.23	29.41	22.86	2.880	0.50					
26.65	29.91	23.41	22.27	0.13					
25.03	28.91	0.34	0.34	0.22					
0.32	0.29	0.34	0.34	0.22					
osc. Abs.	7.64								



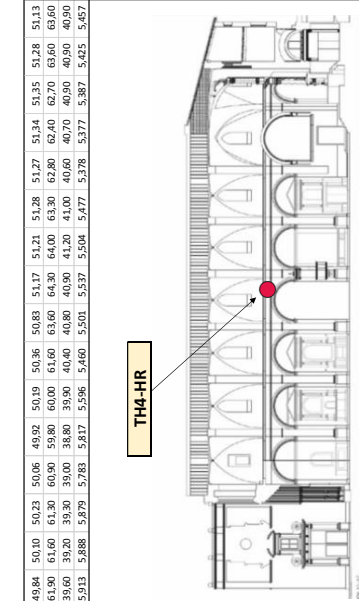
JUNIO-15	SENSOR: T4	Tª TRASDOS ESTE	720
NÚM. DATOS DEL MES	2.880	NÚM. DATOS DEL MES (BRUTOS)	2.880
OSCILACIÓN ABS. MENSUAL	7,6	OSCILACIÓN ABS. MENSUAL	7,6
OSCILACIÓN DIARIA MÁXIMA	6,2	OSCILACIÓN DIARIA MEDIA	6,4
MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MAX.	1,30	MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MEDIA	0,32

Iglesia Parroquial de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir de Valencia

HR NAVE CENTRAL SENSOR: TH4-HR MES: ENERO-15

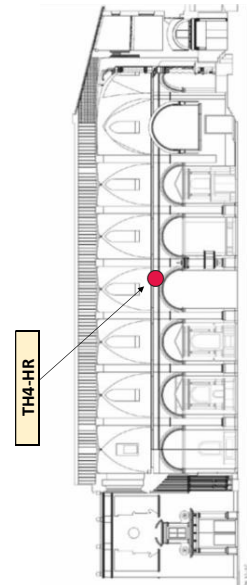
DIA	HORA																								Mínigráfico	DATOS DIARIOS				MOH	
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		media D	max D	min D	osc. D		
1	45	45	45.1	45.3	45.4	45.5	45.6	45.9	46.4	47.3	47.4	47.3	47.1	47.1	47.4	48	48.4	48.7	48.8	48.8	48.8	48.8	48.7	48.5	48.2	47.07	48.80	45.00	3.80	1.375	0.90
2	47.7	47.2	46.5	45.9	45.6	45.2	44	43.5	43.5	44.1	44.4	44.7	45	45.2	45.6	46.2	47	47.3	47.4	47.4	47.4	47.1	46.8	46.4	46.1	45.83	47.70	43.50	4.20	1.283	1.20
3	45.7	45.3	45	44.8	44.6	44.3	44.1	43.9	44.1	44.4	44.6	44.7	44.7	45	45.7	46.6	48.1	48.6	48.6	48.5	48.2	47.9	47.5	47.3	47	45.93	48.00	43.90	4.10	1.069	1.50
4	47.1	46.8	46.6	46.4	46.1	45.8	45.7	45.8	46.4	47.2	47.2	47.2	47.2	47.2	47.7	48.8	49.2	49.4	49.8	50.5	50.9	51.2	51.4	51.5	51.6	48.27	51.60	49.00	5.00	2.012	0.80
5	51.5	51.2	51	50.6	50.2	49.9	49.6	49.4	50.3	52.2	53	53.4	53.8	54.6	55.9	56.7	57.5	57.2	57	57	56.9	56.8	56.7	56.6	56.6	53.71	57.50	49.40	8.10	2.921	1.90
6	56.3	55.9	55.5	54.9	54.3	53.8	53.3	53.1	53.4	54.3	54.6	54.7	54.8	55	55.2	55.5	55.8	56.1	56.3	56.4	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	55.14	56.50	53.10	3.40	1.054	0.90
7	56.5	56.4	56.2	55.9	55.6	55.8	55.6	55.1	55.2	55.4	55.6	55.4	55.7	56	56.5	56.4	56.8	57	57.1	57.1	57.1	57.1	57	56.9	56.9	56.23	57.10	55.10	2.00	0.668	0.50
8	56.8	56.6	56.2	55.8	55.3	55.3	54.7	54.1	54.3	54.5	54.8	54.7	55	55.3	55.4	55.6	56	56.2	56.3	56.3	56.1	55.9	55.5	54.9	54.9	55.48	56.80	54.10	2.70	0.734	0.60
9	54.4	53.8	53.2	52.5	51.9	52	51.5	51	51.1	51.5	52	52.1	52.4	52.8	53.1	53.5	53.9	54.1	54.1	54	53.9	53.6	53.3	53.1	53.1	52.87	54.40	51.00	3.40	1.016	0.70
10	52.8	52.3	51.8	51.4	50.9	50.8	50.2	50	50.3	50.6	50.7	50.5	50.3	50.3	51	51.4	52.4	52.8	53	53.3	53.5	53.6	53.7	53.6	53.6	51.72	53.70	50.00	3.70	1.271	1.00
11	53.2	52.7	52	51.3	50.5	49.9	49.3	49.3	49.7	51	51	51	51	51.3	51.8	52.2	52.4	52.7	52.8	52.9	53	53.1	53.1	53.1	53.1	51.63	53.20	49.30	3.90	1.222	1.30
12	53.1	53	52.8	52.7	53	53.8	52.7	56.1	57.9	59	58.9	58.6	58.8	60	61.6	63.6	64.3	64	63.3	62.8	62.4	62	61.7	61.5	61.5	58.73	64.30	52.70	11.60	4.019	2.00
13	61.2	61	60.6	60.1	59.6	59.4	58.8	58.3	58	57.6	58	58	58	57.8	57.8	57.8	58.2	58.4	58.5	58.5	58.5	58.5	58.2	57.9	57.9	58.70	61.20	57.60	3.60	1.032	0.60
14	57.6	57.2	56.8	56.4	56.1	56.4	56	55.7	55.9	55.9	56.1	55.8	55.9	56.1	56.4	56.6	56.7	57	57.2	57.4	57.5	57.5	57.2	56.9	56.9	56.60	57.60	55.70	1.90	0.805	0.40
15	56.5	56.2	55.8	55.5	55.2	55	54.7	54.6	54.9	55.4	56.3	54.9	54.6	54.5	54.5	54.2	54.4	54.6	54.6	54.4	54.5	54.4	54.4	54.4	54.4	54.68	56.50	50.20	6.30	1.137	4.20
16	54.4	54.4	54.5	54.5	54.5	54.8	54.4	54.3	52.7	50.3	51.1	48.5	44.3	47.8	47.8	47.6	48.4	48.7	48.5	48.6	48.9	49.2	49.2	49.2	49.2	50.63	54.80	44.30	10.50	3.072	0.60
17	49.6	49.4	49.3	48.5	48.2	47.3	46.3	46.3	45.5	45.4	46.3	45.7	45.6	46	46.5	47.1	48.1	48.3	48.3	48.6	48.1	48	47.6	47.1	47.1	47.34	49.60	45.30	4.30	1.326	1.00
18	46.9	47.4	47.5	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.24	51.80	46.40	5.40	1.541	2.50
19	51.8	52.3	52.8	53.1	54.1	55.4	57.4	59.5	60.6	60.6	60.1	59.3	58.8	59.1	59	58.2	57.7	57.6	56.2	55.3	55.2	54.7	54.1	54.1	54.1	56.75	60.60	51.80	8.80	2.716	2.10
20	54	53.9	53.3	53	52.3	51.4	49.9	49.6	49.2	48.9	49.1	49.2	48.2	48.1	47.9	49	49.7	49.6	49.6	49.9	49.8	49.6	49.6	49.1	49.1	50.16	54.00	47.90	6.10	1.768	1.50
21	48.9	48.8	48.5	48.2	48.4	49	48.5	48.8	48.3	48.4	48.2	48.8	48.4	48.2	48.2	48.3	48.1	48.2	48.5	48.6	48.5	48.6	48.5	48.4	48.4	48.47	49.00	48.10	0.90	0.242	0.60
22	48	47.9	47.7	47.2	47.2	47.1	46.6	46.7	46.4	46.2	45.9	45.5	45.6	45.8	46.3	46.7	46.9	46.8	46.3	46.1	45.7	45.7	45.7	45.6	45.6	46.48	48.00	45.50	2.50	0.737	0.50
23	45.5	45.4	45	44.8	44.5	44.6	44.2	43.5	43.6	43.4	43.5	43.4	43.9	44.1	43.8	42.5	41.7	41.5	41	40.6	40.7	40.9	40.9	40.9	40.9	43.08	45.50	40.60	4.90	1.033	1.30
24	40.8	40.7	40.6	40.5	41.1	40.9	40.2	41	41.4	41.5	41	41.3	41.7	42.5	43	42.8	43	43.5	43.7	43.8	43.7	43.2	43.2	43.2	43.2	41.81	43.80	40.20	3.60	1.186	0.80
25	42.6	42.4	42.2	41.8	40.8	39.9	39.6	39.6	39.2	39.3	39	38.8	39	40.4	40.8	40.9	41.2	41.5	41.6	42.1	42.2	41.9	41.3	41.3	41.3	40.78	42.60	38.80	3.80	1.178	1.10
26	41.1	40.9	40.6	40.4	39.7	39.5	40.7	41.1	41.3	42.9	43.1	43.2	43.3	44.7	46.7	48.4	49.4	48.7	48	47.5	47.2	46.9	46.6	46.4	46.4	44.10	49.40	39.50	9.90	3.218	2.00
27	46.2	46	45.9	45.7	45.5	45.6	45.1	44.9	44.8	45	45	45	45	45.5	45.9	46.2	45.4	45.1	44.9	44.9	44.7	44.8	44.7	44.7	44.7	45.38	46.20	44.70	1.50	0.474	0.80
28	49.8	49.7	49.6	49.3	49.1	48.8	48.7	48.5	48.7	49.3	49.2	49	49.2	48.8	48.1	48.3	48.4	48.4	48.1	48.6	48.1	48.6	48.1	48.6	48.6	46.28	50.50	48.80	5.70	2.006	2.10
29	49.8	49.7	49.6	49.3	49.1	48.8	48.7	48.5	48.7	49.3	49.2	49	49.2	48.8	48.1	48.3	48.4	48.4	48.1	48.6	48.1	48.6	48.1	48.6	48.6	48.88	50.50	47.80	2.70	0.677	1.40
30	51.3	52.2	53.7	55.6	56.9	57.5	57.9	58.7	58.3	58.9	59.3	58.8	59.1	59.1	59.2	59.6	60.2	60.1	60.6	60.6	62	62.2	63.6	63.6	58.73	63.60	51.30	12.30	3.063	1.90	
31	64.2	64.5	64.4	64.1	64	63.9	63	62.5	62.9	62.6	62.3	62.9	59.8	57.8	55.6	54.3	53.8	53	52.3	50.1	50.4	50.8	50.7	50.7	50.7	58.15	64.50	50.10	14.40	5.894	2.70

DATOS DIARIOS											
media D	50.57	max D	64.50	min D	40.21	osc. D	24.29	des (S) D	1.68	MOH	1.24
max	30.73	min	40.78	osc. Abs.	25.70	osc. Abs.	21.90	des (S)	5.27	osc. Abs.	0.94



DATOS HORARIOS	
media H	50.57
max H	64.50
min H	40.21
osc. Abs.	25.70

ENERO-15	
SENSOR:	TH4-HR
HR NAVE CENTRAL	744
NÚM. DATOS DEL MES	2.976
NÚM. DATOS DEL MES (BRUTOS)	2.976
OSCILACION ABS. MENSUAL	25.7
OSCILACION DIARIA MÁXIMA	21.9
OSCILACION DIARIA MEDIA	18.0
MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MAX.	4.30



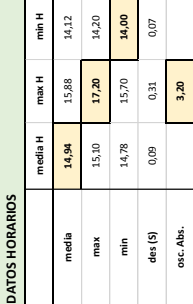
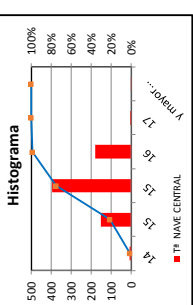
Tª NAVE CENTRAL **SENSOR: TH4-Tª** **MES: ENERO-15**

Iglesia Parroquial de San Nicolás de Bari y San Pedro Mártir de Valencia

DÍA	HORA																								min D	max D	des (S) D	MOH
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00				
1	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,9				
2	14,8	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7				
3	14,7	14,7	14,7	14,7	14,6	14,6	14,6	14,6	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7				
4	14,7	14,6	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
5	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
6	15	15	14,9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
7	14,8	14,9	14,8	14,8	14,8	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9				
8	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
10	14,9	14,9	14,9	14,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8				
11	14,9	15	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9				
12	15	15	14,9	15	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,5	15,5	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5				
13	15,5	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,5	15,5	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5				
14	15,4	15,5	15,4	15,4	15,4	15,4	15,5	15,5	15,5	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5				
15	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4				
16	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,8	16	15,9	16	16,1	15,9	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5				
17	15,5	15,4	15,5	15,4	15,3	15,3	15,4	15,4	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,3	15,3	15,3	15,3	15,2				
18	15,2	15,2	15,1	15	15	15	15	15	15	15,1	15,1	15	15	15	15	15	15	14,9	15	15	15	15	15	15				
19	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	15	15,1	15,2	15,4	15,4	15,4	15,3	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,1	15	14,9	14,9	14,9				
20	14,9	14,8	14,7	14,7	14,6	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,6	14,6	14,5	14,5	14,5				
21	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,5	14,4	14,6	14,6	14,6	14,7	14,6	14,6	14,5	14,5	14,5	14,4	14,4	14,4	14,3	14,3	14,3	14,3				
22	14,3	14,3	14,3	14,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1				
23	14,1	14,1	14,1	14	14	14	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1				
24	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1				
25	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1				
26	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1				
27	14,6	14,5	14,4	14,4	14,4	14,4	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5				
28	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5				
29	14,8	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6				
30	14,9	14,9	14,9	15	15	15	15	15	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1				
31	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7				

DATOS DIARIOS		DATOS HORARIOS	
media H	14,88	media H	14,94
max H	15,70	max H	15,10
min H	14,10	min H	14,78
des (S) H	0,435	des (S) H	0,09
osc. Abs.	1,6	osc. Abs.	0,31
osc.	2,90	osc.	3,20

DATOS DIARIOS		DATOS HORARIOS	
media D	14,94	media H	14,94
max D	15,74	max H	15,88
min D	14,13	min H	14,20
des (S) D	0,43	des (S) H	0,07
osc. Abs. D	1,61	osc. Abs. H	3,20

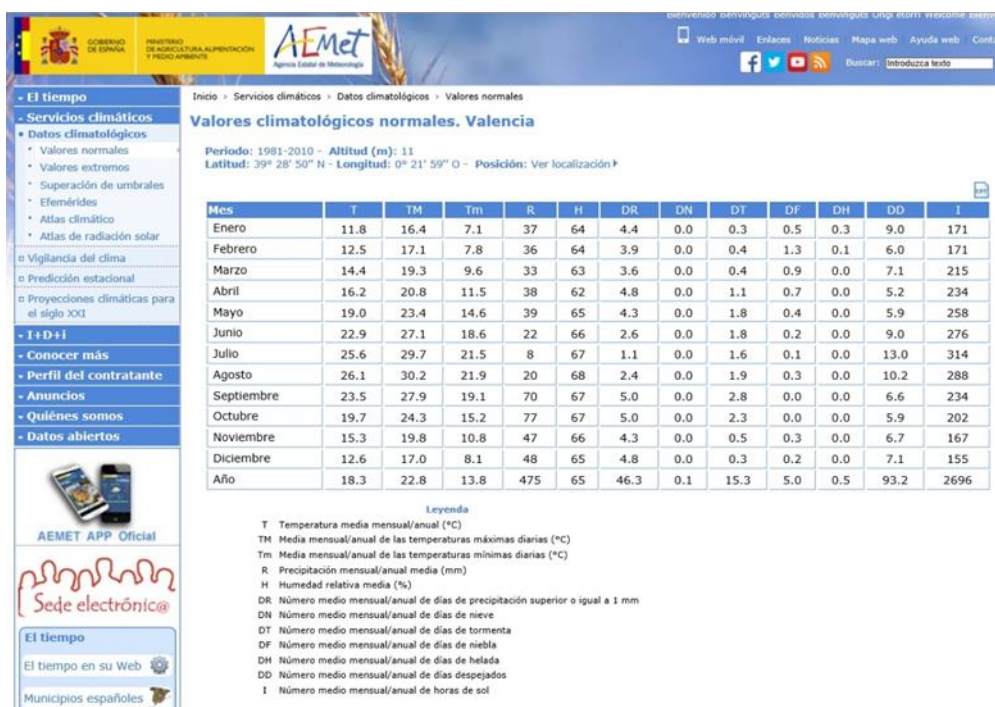


ENERO-15	
SENSOR:	TH4-Tª
Tª NAVE CENTRAL	
NUM. DATOS DEL MES	744
NUM. DATOS DEL MES (BRUTOS)	2.976
OSCILACION ABS. MENSUAL	3,2
OSCILACION DIARIA MÁXIMA	2,9
OSCILACION DIARIA MEDIA	1,6
MÁXIMA OSC. HORARIA (MOH) MAX.	1,50

ANEXO 4: Documentación AEMET.

Adjuntamos los gráficos estacionales de evolución de temperatura de la ciudad de Valencia para el periodo septiembre 2014 a noviembre 2015. En los gráficos estacionales se muestra la evolución de las variables meteorológicas a lo largo de una estación climatológica determinada junto con la evolución de la normal del periodo 1981-2010 de la misma variable en la misma estación.

En el caso de temperaturas se representa la evolución de las temperaturas máximas y mínimas diarias superpuestas a las curvas ajustadas de las medias de las temperaturas máximas y mínimas diarias del periodo 1981-2010. (Fuente AEMET). La tabla de valores normales para Valencia en el periodo 1981-2010, son los siguientes:



Inicio > Servicios climáticos > Datos climatológicos > Valores normales

Valores climatológicos normales, Valencia

Periodo: 1981-2010 - Altitud (m): 11
 Latitud: 39° 28' 50" N - Longitud: 0° 21' 59" O - Posición: Ver localización

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	11.8	16.4	7.1	37	64	4.4	0.0	0.3	0.5	0.3	9.0	171
Febrero	12.5	17.1	7.8	36	64	3.9	0.0	0.4	1.3	0.1	6.0	171
Marzo	14.4	19.3	9.6	33	63	3.6	0.0	0.4	0.9	0.0	7.1	215
Abril	16.2	20.8	11.5	38	62	4.8	0.0	1.1	0.7	0.0	5.2	234
Mayo	19.0	23.4	14.6	39	65	4.3	0.0	1.8	0.4	0.0	5.9	258
Junio	22.9	27.1	18.6	22	66	2.6	0.0	1.8	0.2	0.0	9.0	276
Julio	25.6	29.7	21.5	8	67	1.1	0.0	1.6	0.1	0.0	13.0	314
Agosto	26.1	30.2	21.9	20	68	2.4	0.0	1.9	0.3	0.0	10.2	288
Septiembre	23.5	27.9	19.1	70	67	5.0	0.0	2.8	0.0	0.0	6.6	234
Octubre	19.7	24.3	15.2	77	67	5.0	0.0	2.3	0.0	0.0	5.9	202
Noviembre	15.3	19.8	10.8	47	66	4.3	0.0	0.5	0.3	0.0	6.7	167
Diciembre	12.6	17.0	8.1	48	65	4.8	0.0	0.3	0.2	0.0	7.1	155
Año	18.3	22.8	13.8	475	65	46.3	0.1	15.3	5.0	0.5	93.2	2696

Legenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

