



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento: EXPRESIÓN GRÁFICA, DISEÑO Y PROYECTOS

**Áreas de Conocimiento: EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA
INGENIERÍA, PROYECTOS DE INGENIERÍA, INGENIERÍA
MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN
DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).**

Grado en

INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: PABLO CAMPOS GONZÁLEZ

Tutor: D. JUAN FRANQUELO SOLER

Cotutor: D. FRANCISCO JOSÉ SOTO LARA

MÁLAGA, Junio de 2025

Resumen

El Trabajo de Fin de Grado “Estudio y análisis de humedades en la “Ermita de la Virgen de los Remedios (Vélez-Málaga)” tiene la finalidad de realizar un estudio sobre la existencia de humedades en los frescos de la Ermita de la Virgen de los Remedios de Vélez-Málaga. Dichos frescos se encuentran dañados en varias partes de la ermita.

Este estudio comienza exponiendo toda la teoría sobre los principales mecanismos de humedad que puedan desarrollarse en un edificio, siendo estos, la capilaridad, la condensación y las filtraciones.

Se realizará también una explicación sobre diversas técnicas de detección de la humedad, haciendo hincapié en la termografía infrarroja y el estudio de las condiciones interiores de la ermita. Dentro de este trabajo, también quedan expuestas de forma teórica diversos métodos para eliminar o evitar la humedad.

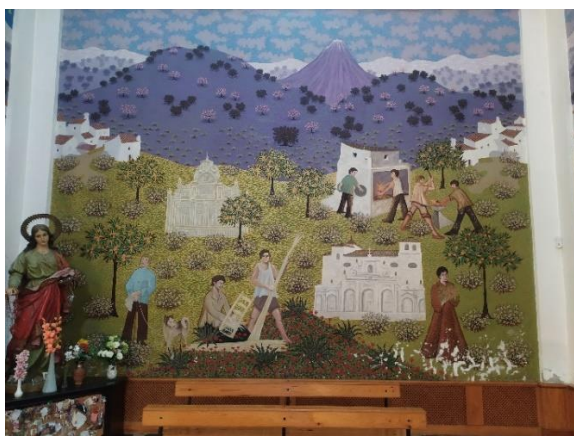
Se realizará un análisis de todos los datos de condiciones interiores en la ermita que han sido tomados en el lugar, así como de una serie de fotografías realizadas mediante termografía infrarroja y un análisis mediante un medidor de humedad en los materiales.

Con todos estos datos obtenidos y tras el análisis, se procederá a dar conclusiones y posteriormente se planteará soluciones para paliar estos efectos a futuro.

Este trabajo incluye un apartado de seguridad y salud, así como otro sobre la metodología a aplicar en la instalación o procedimientos que componen las soluciones elegidas.

El trabajo finaliza con pliego de condiciones, mediciones y presupuesto que incluye las soluciones a aplicar.

Palabras Clave: Humedad, ermita, frescos, conservación de patrimonio, ventilación, condensación, capilaridad.



Abstract

The Final Degree Project “Study and Analysis of humidity in the Ermita de la Virgen de los Remedios (Vélez-Málaga)” has the purpose of carrying out a study about the existence of moisture in the frescoes of the Ermita de la Virgen de los Remedios of Vélez-Málaga. These frescoes are damaged in different parts of the hermitage.

This study starts by showing all the theory about the main mechanisms of humidity and moisture that can be developed in a building, being the rising damp, the condensation, and the filtration.

There will be an explanation about different techniques to detect the moisture and humidity, emphasizing in infrared thermography and the study of indoor conditions of the hermitage. Inside this project, different solutions to eliminate or prevent the humidity are exposed.

An analysis will be carried out, using all the data of the indoor conditions inside the hermitage that has been gathered in the place, as well as photographs taken using infrared thermography and an analysis using a moisture meter for the materials.

With all this data gathered and after an analysis, will proceed to give conclusions, and after that, solutions to mitigate these effects will be given.

The project includes a section about, safety and health and other section about the methodology to apply in the installations and procedures that make up the chosen solutions.

This project ends with Technical Specifications, measurements, and budget of the chosen solutions.

Keywords: Humidity, hermitage, frescoes, heritage conservation, ventilation, condensation, rising damp.



Agradecimientos

Agradezco este trabajo a mi familia que me ha estado apoyando durante la realización de todo este trabajo, particularmente a mi madre, a mi padre y a mi abuela que han sido los que más apoyo me han dado durante todos estos meses de trabajo, de no ser por ellos y sus palabras de ánimo este trabajo no hubiera salido adelante. No solo eso, este trabajo va dedicado a ellos que durante estos años de estudios me han ayudado, en la medida de sus posibilidades, a que pudiera continuar con mis estudios y han sido mi apoyo moral fundamental.

También agradezco a mi tutor y cotutor por el apoyo prestado para la realización de este trabajo y agradecer a todos los maestros que me han podido echar una mano con algunas dudas más técnicas que he tenido durante la realización de este trabajo.

Finalmente, agradezco al Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos y al Departamento de Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos, por el préstamo de todos los instrumentos sin los cuales este trabajo no hubiera sido posible.

Índice

1. Memoria.....	23
1.1. Objeto	23
1.2. Alcance	23
1.3. Antecedentes	23
1.3.1. Antecedentes históricos	24
1.3.2. Descripción de los frescos	25
1.3.3. Importancia de la ermita y los frescos.....	26
1.3.4. Antecedentes de la existencia de las humedades	27
1.4. Normas y Referencias.....	28
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	28
1.4.2. Bibliografía	28
1.4.3. Programas de Cálculo	29
1.4.4. Plan de gestión de la calidad del proyecto	29
1.4.5. Otras referencias	30
1.5. Definiciones y abreviaturas	33
1.5.1. Definiciones.....	33
1.5.2. Abreviaturas	33
1.6. Requisitos de diseño	34
1.7. Análisis de soluciones.....	34
1.8. Resultados finales.....	36
2. Anexo I: Condiciones de nuestro estudio	37
2.1. Condiciones exteriores	37
2.2. Condiciones arquitectónicas y constructivas.....	45
2.3. Distribución de los frescos.....	49
2.4. Condiciones interiores.....	56
3. Anexo II: Humedades y tipos de humedades	57
3.1. Humedad por condensación	57
3.2. Humedad por capilaridad	60
3.3. Humedades por filtraciones	61
3.4. Humedades debidas al proceso constructivo.....	62
4. Anexo III: Catálogo de daños de la ermita	63
4.1. Muro 1.....	63
4.2. Muro 2.....	64
4.3. Muro 3.....	65

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

4.4. Muro 4.....	65
4.5. Muro 5.....	65
4.6. Muro 6.....	67
4.7. Muro 7.....	68
4.8 Muro 8.....	68
4.9. Muro 9.....	68
4.10. Muro 10.....	70
4.11. Muro 11.....	70
4.12. Muro 12.....	71
5. Anexo IV: Tratamientos contra la humedad.....	73
5.1. Ventilación	73
5.1.1. Ventilación natural	74
5.1.2. Ventilación artificial o mecánica.....	75
5.2. Deshumidificadores.....	76
5.2.1. Deshumidificadores desecantes	76
5.2.2. Deshumidificadores refrigerantes	77
5.3. Inyecciones químicas.....	78
5.4. Impermeabilización de cubiertas	80
5.5. Impermeabilización de fachadas	81
6. Anexo V: Métodos para la detección de humedad	83
6.1. Métodos destructivos	83
6.1.1. Métodos destructivos directos.....	83
6.1.2. Métodos destructivos indirectos	84
6.2. Métodos No Destructivos.....	87
6.2.1. Método resistivo	87
6.2.2. Método capacitivo.....	88
6.2.3. Método por microondas.....	88
6.2.4. Método por ultrasonidos.....	89
6.2.5. Termografía infrarroja	90
6.2.6 Estudio psicrométrico.....	92
7. Anexo VI: Estudio termográfico.....	97
7.1. Definición de termografía infrarroja.....	97
7.2. Mecanismos de transmisión de calor	98
7.2.1. Conducción.....	98
7.2.2. Convección	98
7.2.3. Radiación.....	98

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

7.3. Funcionamiento de una cámara termográfica, ecuación de Stefan-Boltzmann	99
7.4. Características de una cámara termográfica	100
7.5. Condiciones para realizar una medición de temperatura con cámara infrarroja	101
7.6. Toma de imágenes	101
7.7. Tipos de mediciones	103
7.8. Trabajo de campo	103
8. Anexo VII: Toma de datos	105
8.1. Procedimiento de toma de medidas en el lugar	105
8.1.1. Mediciones psicrométricas	106
8.1.2. Toma de fotografías con cámara termográfica	108
8.1.3. Toma de humedad en los muros mediante conductividad	110
9. Anexo VIII: Análisis de los datos obtenidos	113
9.1. Análisis de resultados obtenidos por métodos psicrométricos	113
9.1.1. Mayor Humedad Relativa Interior	124
9.1.2. Mayor temperatura interior	126
9.1.3. Menor temperatura interior	127
9.2. Análisis de resultados obtenidos mediante el medidor de humedad en materiales	129
9.2.1. Momentos en los que encontramos humedad en la pared	131
9.2.2. Momentos en los que no encontramos humedad en la pared	132
9.3. Análisis mediante fotografía realizada con cámara termográfica	133
9.3.1. Análisis de un muro durante las distintas horas del día	135
9.3.2. Análisis de diversos muros un mismo día a una misma hora	139
9.3.3. Estudio de un mismo muro en diversos días a una misma hora	145
9.3.4. Análisis de puntos notables de la ermita	149
9.3.5. Análisis de imágenes térmicas utilizando la alarma “Humedad”	158
10. Anexo IX: Análisis de elementos constructivos con el programa THERM	161
10.1. Análisis con el programa del muro	161
10.1.1. Corte Horizontal	162
10.1.2. Corte Vertical	164
10.2. Análisis de los principales puentes térmicos	166
10.2.1. Puerta Principal	166
10.2.2. Vidriera	172
11. Anexo X: Desarrollo de Resultados y Conclusiones	181
12. Anexo XI: Estudio de las posibles soluciones	185
12.1. Ventilación natural	185
12.1. Ventilación mecánica con climatización	185

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

12.2. Deshumidificadores.....	186
12.3. Inyecciones químicas.....	187
12.4. Impermeabilización de la cubierta	187
12.5. Impermeabilización de la fachada	187
12.6. Proceso de restauración	188
12.6. Soluciones elegidas	189
13. Anexo XII. Seguridad y Salud	191
13.1. Ventilación natural	191
13.2. Instalación de deshumidificadores	192
13.3. Inyecciones para tratar la humedad	192
13.4. Impermeabilización de cubierta	192
13.5. Impermeabilización de fachada.....	193
13.6. Labores de restauración	193
14. Anexo XIII. Metodología y Procedimiento de instalación de las soluciones elegidas	195
14.1. Ventilación natural	195
14.2. Deshumidificador	195
14.3. Inyecciones químicas.....	196
14.4. Impermeabilización de la cubierta exterior.....	197
14.5. Impermeabilización de fachadas	198
14.6. Proceso de restauración	199
15. Características técnicas de los instrumentos utilizados	201
15.1. Cámara termográfica FLIR E75	201
15.2. Termohigrómetro Testo 625	202
15.3. Termómetro infrarrojo RS-1327K.....	202
15.4. Medidor de humedad en materiales PARKSIDE PMSHM2 A3	203
16. Planos.....	205
17. Pliego.....	216
17.1. Ventilación natural	216
17.2. Deshumidificador	216
17.3. Inyecciones químicas.....	217
17.4. Impermeabilización de la cubierta	218
17.5. Impermeabilización de la fachada	219
17.6. Proceso de restauración	220
18. Mediciones.....	222
18.1. Deshumidificador	222
18.2. Inyecciones químicas.....	224

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

18.3. Impermeabilización de la cubierta	225
18.4. Impermeabilización de la fachada	227
18.5. Proceso de restauración	228
19. Presupuesto	230
19.1. Justificación de precios elegidos	230
19.1.1. Ventilación natural	230
19.1.2. Deshumidificador	230
19.1.3. Inyecciones para capilaridad	231
19.1.4. Impermeabilización de cubiertas	231
19.1.5. Impermeabilización de fachada.....	231
19.1.6. Proceso de restauración	232
19.2. Cuadro de precios unitarios	233
19.2.1. Cuadro de precios unitarios de materiales	233
19.2.2. Cuadro de precios unitarios de mano de obra	235
19.2.3. Cuadro de precios unitarios de maquinaria.....	236
19.3. Cuadro de precios unitarios por unidad de obra por unidad.....	237
19.3.1. Deshumidificador	237
19.3.2. Inyecciones para capilaridad	239
19.3.3. Impermeabilización de cubiertas	240
19.3.4. Impermeabilización de fachadas	241
19.3.5. Proceso de restauración.....	242
19.4. Presupuesto	244
19.5. Resumen de presupuesto.....	246

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Índice de Figuras

Figura 1: Fotografía exterior de la ermita. Fuente: Realización propia.	24
Figura 2: Fotografía del pintor con la ermita. Fuente: La Opinión de Málaga. ..	25
Figura 3: Publicación del pintor sobre el estado de la humedad de los muros. Fuente: Cuenta oficial de Facebook del Pintor Evaristo Guerra.	27
Figura 4: Plano de planta de la ermita. Fuente: Realización propia.	46
Figura 5: Plano de distribución de los muros a analizar. Fuente: Realización propia.	49
Figura 6: Fotografía del muro 1. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	50
Figura 7: Fotografía del muro 2. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	50
Figura 8: Fotografía del muro 3. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	51
Figura 9: Fotografía del muro 4. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	51
Figura 10: Fotografía del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	52
Figura 11: Fotografía del muro 6. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	52
Figura 12: Fotografía del muro 7. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	53
Figura 13: Fotografía del muro 8. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	53
Figura 14: Fotografía del muro 9. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	54
Figura 15: Fotografía del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	54
Figura 16: Fotografía del muro 11. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	55
Figura 17: Fotografía del muro 12. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.	55
Figura 18: Fotografía de un muro con humedades por condensación. Fuente: Libro “Humedades” de Luis Humberto Casas Figueroa.	59
Figura 19: Fotografía de un muro con humedades por capilaridad. Fuente: Página oficial de Sika.	61
Figura 20: Fotografía de un muro con filtraciones. Fuente: Página oficial de Humicontrol.	61
Figura 21: Fotografía de desperfectos en muro 1. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.	63
Figura 22: Fotografía de desperfectos en muro 2. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.	64
Figura 23: Fotografía de desperfectos en muro 2. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.	64

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Figura 24: Fotografía de desperfectos en muro 3. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	65
Figura 25: Fotografía de desperfectos en muro 5. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	66
Figura 26: Fotografía de desperfectos en muro 5. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	66
Figura 27: Fotografía de desperfectos en muro 6. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	67
Figura 28: Fotografía de desperfectos en muro 6. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	67
Figura 29: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	68
Figura 30: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	69
Figura 31: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	69
Figura 32: Fotografía de desperfectos en muro 10. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	70
Figura 33: Fotografía de desperfectos en muro 11. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	71
Figura 34: Fotografía de desperfectos en muro 12. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.....	71
Figura 35: Fotografía de sistema para ventilación mecánica. Fuente: Página oficial de Titon.....	75
Figura 36: Fotografía de deshumidificador desecante. Fuente: Página oficial de Charmex S.A.	77
Figura 37: Fotografía de deshumidificador refrigerantes. Fuente: Página oficial de HBM Machines.....	77
Figura 38: Fotografía de proceso de inyección química usando pistola de cartuchos de sellado. Fuente: Página oficial de DRYZONE.	79
Figura 39: Fotografía de producto para inyección química. Fuente: Página oficial de Sika.....	79
Figura 40: Fotografía de una cubierta en la que se ha aplicado un producto impermeabilizante.....	80
Figura 41: Fotografía del proceso de aplicación de un producto impermeabilizante en fachada.	81
Figura 42: Equipo de medición para el método del carburo. Fuente: Página oficial de Watertec.	85
Figura 43: Sonda para medición de humedad. Fuente: Página oficial de Osaka Solutions.....	86
Figura 44: Medidor de humedad PARKSIDE PMSHM2 A3 Fuente: Página Oficial PARKSIDE.....	87
Figura 45: Medidor de Humedad Capacitivo. Fuente: Página oficial de RS.	88
Figura 46: Medidor de Humedad mediante microondas. Fuente: Página oficial de PCE Instruments.....	89

Figura 47: Cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de FLIR.	91
Figura 48: Fotografía de Humedad por filtración mediante el uso de cámara termográfica.	91
Figura 49: Fotografía de Humedad por capilaridad mediante el uso de cámara termográfica.	91
Figura 50: Diagrama psicrométrico. Fuente: ASHRAE.	92
Figura 51: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el Real Decreto 486/2017. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.	93
Figura 52: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el RITE para invierno. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.	94
Figura 53: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el RITE para verano. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.	94
Figura 54: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por empresas especializadas. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.	95
Figura 55: Imagen del termohigrómetro Testo 625. Fuente: Página oficial de Testo.	108
Figura 56: Termómetro Infrarrojo RS-1327K. Fuente: Página oficial de RS. ..	108
Figura 57: Cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de FLIR. ..	110
Figura 58: Medidor de humedad PARKSIDE PMSHM2 A3 Fuente: Página Oficial PARKSIDE.	111
Figura 59 Fotografía del manual de la tabla de materiales del detector de humedad.	111
Figura 60: Fotografía de los resultados del punto con mayor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.	125
Figura 61: Fotografía del punto de mayor humedad relativa interior en el diagrama psicrométrico.	125
Figura 62: Fotografía de los resultados del punto con mayor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.	126
Figura 63: Fotografía del punto de mayor temperatura interior en el diagrama psicrométrico.	127
Figura 64: Fotografía de los resultados del punto con menor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.	128
Figura 65: Fotografía de los resultados del punto con menor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.	128
Figura 66: Fotografía de la puerta principal de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	134
Figura 67: Fotografía de la vidriera derecha de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	134

Figura 68: Fotografía una imagen religiosa ante la cámara infrarroja. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 10 de abril de 2025 a las 16:00 horas.	135
Figura 69: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 9:30 horas.	136
Figura 70: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 12:30 horas.	136
Figura 71: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 15:30 horas.	137
Figura 72: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 17:10 horas.	137
Figura 73: Fotografía infrarroja del muro 5 con escala de 16°C a 20,1°C. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 17:10 horas.	138
Figura 74: Fotografía infrarroja del muro 1. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	139
Figura 75: Fotografía infrarroja del muro 2. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	139
Figura 76: Fotografía infrarroja del muro 3. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	140
Figura 77: Fotografía infrarroja del muro 4. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	140
Figura 78: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	141
Figura 79: Fotografía infrarroja del muro 6. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	141
Figura 80: Fotografía infrarroja del muro 7. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	142
Figura 81: Fotografía infrarroja del muro 8. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	142
Figura 82: Fotografía infrarroja del muro 9. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	143
Figura 83: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	143
Figura 84: Fotografía infrarroja del muro 11. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	144
Figura 85: Fotografía infrarroja del muro 12. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	144
Figura 86: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 10 de abril de 2025 a las 16:00 horas.	145
Figura 87: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 11 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	145
Figura 88: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	146

Figura 89: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	146
Figura 90: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	147
Figura 91: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	147
Figura 92: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 22 de abril de 2025 a las 16:00 horas.	148
Figura 93: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:30 horas.	148
Figura 94: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 24 de abril de 2025 a las 16:40 horas.	149
Figura 95: Fotografía infrarroja de la puerta lateral. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	150
Figura 96: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la puerta principal de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	151
Figura 97: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la puerta principal de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	151
Figura 98: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	152
Figura 99: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	153
Figura 100: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	153
Figura 101: Fotografía de las diferentes temperaturas en la esquina superior entre el muro 1 y el muro 3. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	154
Figura 102: Fotografía de las diferentes temperaturas de la cubierta con respecto a los muros. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	155
Figura 103: Fotografía de las diferentes temperaturas de la cubierta con respecto a los muros.	

Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:50 horas.	155
Figura 104: Fotografía infrarroja del muro 4.	
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	156
Figura 105: Fotografía infrarroja del muro 4.	
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	157
Figura 106: Fotografía de un punto singular de la cubierta.	
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	157
Figura 107: Fotografía de un punto singular de la cubierta.	
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:50 horas.	158
Figura 108: Fotografía infrarroja del muro 3 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.	159
Figura 109: Fotografía infrarroja del muro 5 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 24 de abril de 2025 a las 17:00 horas.	159
Figura 110: Fotografía infrarroja del muro 10 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.	160
Figura 111: Fotografía de la disposición de los ladrillos en la iglesia veleña de Santa María. Fuente: Página oficial de la Diputación de Málaga.	162
Figura 112: Descomposición del corte en planta del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	163
Figura 113: Distribución de temperaturas del corte en planta del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	164
Figura 114: Descomposición del corte vertical del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	165
Figura 115: Distribución de temperaturas del corte vertical del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	165
Figura 116: Descomposición de la sección de planta de la puerta principal. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	166
Figura 117: Descomposición de la sección de perfil de la puerta principal. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	167
Figura 118: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	168
Figura 119: Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	168
Figura 120: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita con temperaturas en la puerta. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	169

Figura 121 Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita con temperaturas en la puerta. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	169
Figura 122: Descomposición de la sección de planta de la puerta principal de la ermita con simulación de puente térmico. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	170
Figura 123: Descomposición de la sección de perfil de la puerta principal de la ermita con simulación de puente térmico. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	170
Figura 124: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita con simulación de puente. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	171
Figura 125: Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita con simulación de puente. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	171
Figura 126: Descomposición de la sección de planta de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	172
Figura 127: Descomposición de la sección de perfil de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	172
Figura 128: Detalle de la descomposición de la sección de planta de la vidriera. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	173
Figura 129: Detalle de la descomposición de la sección de perfil de la vidriera. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	173
Figura 130: Distribución de la sección de planta de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	174
Figura 131: Distribución de la sección de perfil de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	174
Figura 132: Detalle de la distribución de la temperatura de la sección de planta del marco de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	175
Figura 133: Detalle de la distribución de la temperatura de la sección de perfil del marco de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	175
Figura 134: Distribución de la zona de la vidriera de la ermita con temperaturas reales. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	176
Figura 135: Detalle de la distribución de la temperatura del marco de la vidriera de la ermita con temperaturas reales. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	176
Figura 136: Descomposición de la sección de planta de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	177
Figura 137: Descomposición de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	177

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Figura 138: Distribución de temperatura de la sección de planta de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	178
Figura 139: Distribución de temperatura de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.....	178
Figura 140: Detalle de la distribución de temperatura de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.	179
Figura 141: Imagen del muro 10 en 2020. Fuente: Cuenta oficial de Facebook del Pintor Evaristo Guerra.	181
Figura 142: Imagen del muro 10 en 2025. Fuente: Realización Propia.	182
Figura 143: Características técnicas de la cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de APLITER.	201
Figura 144: Características técnicas del termohigrómetro Testo 625. Fuente: Página oficial de Testo.	202
Figura 145: Características técnicas del termómetro infrarrojo RS-1327K. Fuente: Página oficial de RS.	202
Figura 146: Características técnicas del medidor de humedad en materiales PARKSIDE PMSHM2 A3. Fuente: Página oficial de PARKSIDE.	203

Índice de Tablas

Tabla 1: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2024. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	38
Tabla 2: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2023. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	39
Tabla 3: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2022. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	39
Tabla 4: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2021. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	40
Tabla 5: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2020. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	41
Tabla 6: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2019. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	41
Tabla 7: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2018. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	42
Tabla 8: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2017. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	42
Tabla 9: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2016. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	43
Tabla 10: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2015. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.	43
Tabla 11: Datos Meteorológicos del año tipo en Vélez-Málaga. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.....	44
Tabla 12: Datos de temperaturas y humedad exteriores. Fuente: Realización propia.....	115
Tabla 13: Datos de temperaturas y humedad en el centro y ala derecha de la ermita. Fuente: Realización propia.....	117
Tabla 14: Datos de temperaturas y humedad en el ala izquierda y fondo de la ermita. Fuente: Realización propia.....	118
Tabla 15: Datos de temperaturas de los muros 1 al 6 de la ermita. Fuente: Realización propia.	120
Tabla 16: Datos de temperaturas de los muros 7 al 12 de la ermita. Fuente: Realización propia.	121

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Tabla 17: Resultados del estudio mediante el uso del medidor de humedad en las paredes. Fuente: Realización propia.....	130
Tabla 18: Resultados del estudio mediante el uso del medidor de humedad en las paredes. Distribución de colores. Fuente: Realización propia.	131
Tabla 19: Cuadro de precios unitarios de materiales.	234
Tabla 20: Cuadro de precios unitarios de mano de obra.	235
Tabla 21: Cuadro de precios unitarios de maquinaria.	236
Tabla 22: Presupuesto.....	245

Índice de gráficos

Gráfica 1: Grafico comparativo entre la temperatura interior y la temperatura exterior. Fuente: Realización propia.....	122
Gráfica 2: Grafico comparativo entre la temperatura interior y la temperatura exterior. Fuente: Realización propia.....	123

1. Memoria

1.1. Objeto

El objeto de este Trabajo de Fin de Grado tiene como finalidad la realización de un estudio sobre la humedad existente en los frescos de los muros de la Ermita de la Virgen de los Remedios de Vélez-Málaga. Este estudio tiene la intención de analizar las causas que provocan la humedad en los muros de la ermita, así como observar los defectos que esta ha provocado, provoca y provocará a futuro.

1.2. Alcance

Este Trabajo de Fin de Grado busca realizar un análisis del estado de los frescos de los muros de la ermita, así como de los tipos de humedad que provocan los defectos en estos. Se realizará un estudio de los tipos de humedad y sus causas, así como de los diferentes métodos existentes para retirar la humedad, reparar sus daños o evitar su aparición y expansión.

1.3. Antecedentes

La Ermita de la Virgen de los Remedios de Vélez-Málaga, es uno de los monumentos más importantes de la ciudad de Vélez-Málaga. Esta ermita, situada a 111 metros de altura respecto al nivel del mar, posee en su interior unos frescos que rodean todos los muros interiores de la ermita. Estos frescos, debido al paso del tiempo, la falta de mantenimiento, así como a la humedad de la zona, están sufriendo un deterioro, el cual consiste en pérdidas de pintura, grietas y desconchones, que son visibles para todas las personas que visitan el monumento diariamente, ya sea por motivos religiosos, artísticos o culturales.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 1: Fotografía exterior de la ermita. Fuente: Realización propia.

1.3.1. Antecedentes históricos

Esta ermita fue construida a principios del Siglo XVII, finalizada a mediados de ese siglo, aproximadamente en 1640, se desconoce la fecha exacta de su finalización, debido a modificaciones posteriores que se realizaron durante la construcción de esta.

Siendo la primera de estas modificaciones en 1681, en la cual se ordenaría restaurar la sacristía y capilla mayor, debido posiblemente al terremoto de 1680.

También hay documentos que afirman que en 1826 se realizó otra reparación, pero se desconoce en qué consistió. La ermita sufrió un paulatino abandono, que se acentuó a partir de la década de 1920 y perdiendo su patrimonio inmueble en la Guerra Civil.

La ermita fue construida a base de ladrillos macizos hechos en la zona para los pilares, muros, vigas y arcos, tejas para el tejado, y madera y yeso para las bóvedas y cúpulas. [1]

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

1.3.2. Descripción de los frescos

Los frescos fueron elaborados por el pintor local Evaristo Guerra, esta elaboración fue comprendida entre los años 1995 y 2007.



Figura 2: Fotografía del pintor con la ermita. Fuente: La Opinión de Málaga.

Los frescos consisten en la representación del entorno alrededor de la ermita, de una manera literal, es decir, se representan, con el estilo del pintor, aquello que veríamos si los muros de la ermita no existieran. Por ejemplo, si mirásemos al oeste de la ermita, podríamos ver la fortaleza de Vélez-Málaga, entonces, en el fresco del lado oeste se encuentra representado este mismo monumento, esto se corresponde no sólo con los monumentos, los cuales se encuentran presentes en todos los frescos, sino que se encuentran también representados elementos geográficos como montañas, colinas, valles y el mar. Es por esto por lo que se la conoce a esta ermita popularmente como “La Ermita Transparente”.

No solamente se encuentra representada la geografía y los monumentos, también hay representaciones en estos frescos de los usos y costumbres de la zona, principalmente, de las actividades cotidianas que se realizaban el siglo pasado, relacionadas en su mayoría con el sector primario de la zona, como podría ser recolección de cañas, pastoreo u ordeño de cabras, encontrando también actividades artesanales como la costura o la alfarería. Entre todas las personas representadas en los frescos se pueden además observar personas conocidas en la zona de aquella época, como el vendedor de helados o el propio pintor, quien firma estos frescos representándose en ellos.

Inclusive, se puede ver en los frescos, la representación de unas siluetas humanas que parecen pulular por la escena, alrededor de las personas y el paisaje y que se encuentran difuminadas en este. Estas figuras, según el pintor, representa a aquellos que ya no están con nosotros, dando además un mayor sentido espiritual a la obra, acorde con el lugar donde se encuentra.

1.3.3. Importancia de la ermita y los frescos

La importancia de la ermita en la zona es innegable, ya que en ella se encuentra una imagen de la Virgen de los Remedios, de ahí el nombre de la ermita, patrona de la ciudad de Vélez-Málaga y por lo tanto muy venerada por los creyentes de la ciudad, quienes diariamente visitan la ermita y además se realiza cada mayo una romería que comienza desde la misma.

En la ermita también podemos encontrar otras obras de imaginería que representa a Jesucristo, sus apóstoles y algunos santos.

En los techos de la ermita podemos admirar además una pintura anterior a los frescos, estas pinturas datan del siglo XVIII, más concretamente entre 1701 y 1714 ya que en ellas aparecen tanto Felipe V de España como la Reina Consorte María Luisa de Saboya.

Los frescos, aunque posteriores, poseen un estilo único, muy ligado al estilo del pintor Evaristo Guerra, un estilo, que no es común de encontrar en un edificio de carácter religioso, lo cual añade un aspecto único a la ermita. No solamente eso, si bien es cierto que por toda la geografía Española encontramos edificios que poseen frescos, no es común un edificio en el cual haya tanta superficie pintada al fresco con un único motivo o estilo.

La peculiaridad comentada anteriormente sobre los frescos, en los cuales se representa lo que habría tras los muros de la ermita, hacen de esta ermita algo único, ya que da una imagen de amplitud a la ermita y de cercanía con el entorno que la rodea.

Estos frescos además tienen una función histórica, ya que, al representar la vida cotidiana de otra época, son un testimonio pictórico de esta. Las futuras generaciones podrán observar los frescos y hacerse una idea de cómo era no solamente la vida en épocas pasadas, sino también las labores, trabajos y ropas de la época. Oficios como la alfarería, fabricación de telas o actividades agrícolas en general, las cuales están desapareciendo, podrán ser recordados gracias a estos frescos en el futuro.

Por todos estos motivos, se puede observar la gran importancia, no solo a nivel local, que tiene tanto la ermita como los frescos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

1.3.4. Antecedentes de la existencia de las humedades

Uno de los antecedentes de la existencia de las humedades lo podemos ver en una publicación del propio pintor de la ermita en su cuenta de Facebook:

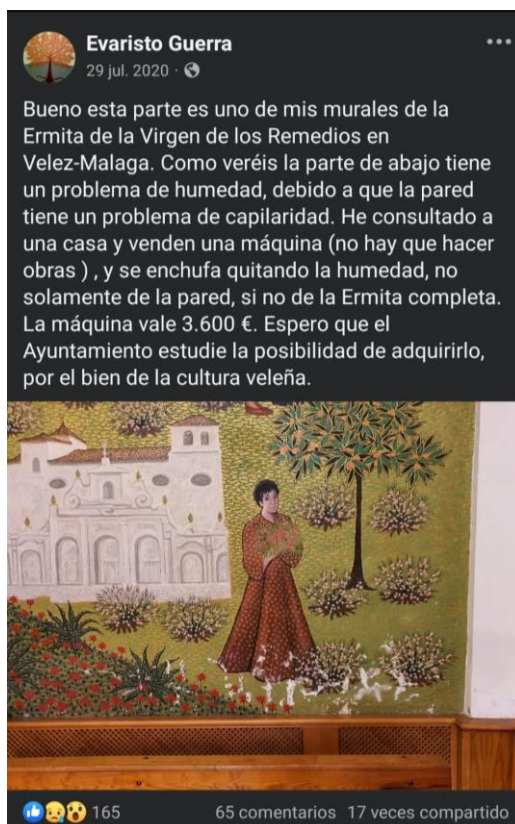


Figura 3: Publicación del pintor sobre el estado de la humedad de los muros. Fuente: Cuenta oficial de Facebook del Pintor Evaristo Guerra.

Como se puede ver esta publicación del 29 de julio de 2020, el pintor ya era consciente de los daños que la humedad, según el pintor debida a la capilaridad, provocaba a la pared. En posteriores apartados podremos hacer una comparativa entre el estado del muro de la fotografía en el momento de realizar la publicación y el estado actual del mismo. [2]

Hablando con el ermitaño, este ha asegurado que el estado de los muros empeora con el paso del tiempo, como se puede observar analizando fotografías antiguas de los frescos y comparándolas con el estado actual de los mismos.

1.4. Normas y Referencias

1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

-CTE DB-HE0

-CTE DB-HE1

-CTE DB-HS1

-Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

-Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

1.4.2. Bibliografía

[1] A. M. de Martos Jiménez y P. Pezzi Cristóbal, *La ermita de los remedios de Vélez-Málaga*. Ayuntamiento de Vélez-Málaga, 1998.

[4] L. Jiménez López, *Humedades en la construcción*. Paraninfo, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/uma/titulos/240092>

[5] L. Humberto Casas, *Humedades*. Programa Editor. Univ. Del Val., 2017. doi: 10.25100/peu.86

[6] M. Muñoz Hidalgo, *Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación*. Madrid: Editorial Tébar Flores, 2022. [En línea]. Disponible: <https://elibro.net/es/lc/uma/titulos/219980>

[8] F. R. d'Ambrosio Alfano, B. I. Palella, y G. Riccio, “Moisture in historical buildings from causes to the application of specific diagnostic methodologies”, *J Cult Herit*, vol. 61, 2023, doi: 10.1016/j.culher.2023.04.001.

[9] R. C. Vella, C. Yousif, F. J. R. Martinez, y J. M. R. Hernandez, “Prioritising Passive Measures over Air Conditioning to Achieve Thermal Comfort in Mediterranean Baroque Churches”, *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, n.º 14, 2022, doi: 10.3390/su14148261.

[14] A. Sardella, P. De Nuntiis, M. Rizzo, C. Giosuè, F. Tittarelli, y A. Bonazza, «In situ performance evaluation of chemical injections against rising damp: A case study in Italy», *Measurement (Lond)*, vol. 130, 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2018.08.011.

- [16] C. Safranez, «Impermeabilización de cubiertas», *Informes de la Construcción*, vol. 26, n.º 254, 1973, doi: 10.3989/ic.1973.v26.i254.3096.
- [18] A. Hola, «Measuring of the moisture content in brick walls of historical buildings-the overview of methods», en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017. doi: 10.1088/1757-899X/251/1/012067.
- [22] L. Ruiz Valero, V. Flores Sasso, y E. Prieto Vicioso, «In situ assessment of superficial moisture condition in façades of historic building using non-destructive techniques», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 10, 2019, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00228.
- [24] L. L. Sáenz Cruz y É. Gómez Acero, «Evaluation of a method to measure water content in porous media by employing ultrasound», *Ingeniería e Investigación*, vol. 23, n.º 2, 2003, doi: 10.15446/ing.investig.v23n2.14575.
- [25] M. Metals, A. Lesinskis, A. Borodinecs, y K. Turauskis, «Study on indoor air temperature and moisture behaviour in historical churches», *Energy Build*, vol. 310, p. 114083, may 2024, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2024.114083.
- [30] F. P. Incropera y D.P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4th ed. John Wiley & Sons, 1996.

1.4.3. Programas de Cálculo

-SICRO Versión 2_1_4.

-Therm Versión 8.0.

-CYPE Arquímedes Versión 2025.c.

1.4.4. Plan de gestión de la calidad del proyecto

En este trabajo se ha realizado atendiendo a las indicaciones de la normativa vigente para la realización de proyectos Norma UNE 157001:2014, adecuándola a la naturaleza de este documento debido a este trabajo consiste más en un estudio que en un proyecto técnico.

1.4.5. Otras referencias

[2] “Publicación de Evaristo Guerra”. Facebook. Accedido el 21 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible:

https://www.facebook.com/story.php?story_fbid=3670959092937321&id=100000697994760&rdid=Z8UpMgfJdEeUfOea

[3] “Datos de la estación | Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)”. Junta de Andalucía - Portal oficial. Accedido el 17 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible:

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/estacion/29/2#his>

[7] “Expertos en tratamientos antihumedad | Murprotec”. Murprotec. Accedido el 21 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.murprotec.es/>

[10] “Desarrollo proyecto Capilla Sixtina - Carrier”. Carrier. Accedido el 27 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible:

<https://www.carrier.com/commercial/es/es/acerca-de-carrier/casos-practicos/sistine-chapel/>

[11] “Murprotec lanza dispositivo que elimina la condensación y renueva el aire en interiores”. Murprotec. Accedido el 21 de marzo de 2025. [En línea].

Disponible: https://www.murprotec.es/notas-de-prensa/murprotec-lanza-al-mercado-su-dispositivo-mas-innovador-que-elimina-las-humedades-por-condensacion-y-renueva-el-100-del-aire-en-interiores-sin-ventilacion/?_adin=11734293023

[12] “Guía en soluciones de deshumidificación: tipos de deshumidificadores y aplicaciones”. Charmex S.A. Accedido el 2 de abril de 2025. [En línea].

Disponible: <https://charmex.info/es/articulo/guia-en-soluciones-de-deshumidificacion-tipos-de-deshumidificadores-y-aplicaciones>

[13] “Hidrófugo.es: Somos especialistas en hidrófugos e impermeabilizantes”. Hidrofugo. Accedido el 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible:

<https://hidrofugo.es/capilaridades-en-paredes/42-123-inyeccion-liquida-para-humedades-por-capilaridad-barrera-capilar-sopgal.html>

[15] “Sistemas de impermeabilización”. Sika España: Materiales para construcción desde 1954. Accedido el 5 de mayo de 2025. [En línea].

Disponible: <https://esp.sika.com/es/construccion/proteger/sistemas-de-impermeabilizacion.html>

[17] “Cómo impermeabilizar una fachada y qué pintura utilizar - Montó Pinturas”. International - Montó Pinturas. Accedido el 21 de marzo de 2025. [En línea].

Disponible: <https://www.montopinturas.com/como-impermeabilizar-una-fachada-y-que-pintura-utilizar>

[19] QuímicaTec-interactiva. *08 Análisis Gravimétrico*. (12 de octubre de 2020). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=BgzILKQjhlQ>

[20] “Método CM (método de medición del carburo de calcio) | www.desoi.es”. DESOI GmbH | www.desoi.es. Accedido el 30 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.desoi.es/catalog/es/service/ABC-de-la-inyeccion/mtodo-cm-mtodo-de-medicin-del-carburo-de-calcio-6852/>

[21] “Explicación de los diferentes métodos de medición de humedad”. Fabricante y distribuidor de equipos de medición | PCE Instruments. Accedido el 30 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/explicacion-metodos-medicion-humedad.htm>

[23] “Medidor de humedad MW 1100”. Fabricante y distribuidor de equipos de medición | PCE Instruments. Accedido el 31 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-humedad/medidor-humedad-mw-1100.htm>

[26] “Manual de seguimiento y análisis de condiciones ambientales”. Ministerio de Cultura. Accedido el 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: https://libreria.cultura.gob.es/libro/manual-de-seguimiento-y-analisis-de-condiciones-ambientales_2654/

[27] “¿Cómo deben conservarse las obras de arte y las antigüedades? Parte I | Hiscox España”. Hiscox España | Seguros especializados para empresas, hogar y arte. Accedido el 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.hiscox.es/blog/¿cómo-deben-conservarse-las-obras-de-arte-y-las-antigüedades-parte-i>

[28] “Climatización y arte: Cómo la temperatura contribuye a la conservación”. Hitachi. Accedido el 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.hitachiaircon.com/es/noticias/climatizacion-y-arte-como-la-temperatura-contribuye-a-la-conservacion>

[29] “Cómo funcionan las cámaras infrarrojas”. FLUKE. Accedido el 29 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/termografia/como-funcionan-las-camaras-infrarrojas>

[31] “El cuerpo negro”. Campus de Gipuzkoa - UPV/EHU. Accedido el 29 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/radiacion/radiacion.html>

[32] “10 características importantes de las cámaras termográficas • Grup Carol”. Grup Carol. Accedido el 29 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.grupcarol.com/10-caracteristicas-de-las-camaras-termograficas-fluke/>

[33] “TIPOS DE CÁMARAS INFRARROJAS - BCB Ingeniería”. BCB Ingeniería. Accedido el 30 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible: <https://bcbingenieria.com/tipos-de-camaras-infrarrojas/>

[34] “Guía de bolsillo sobre la termografía |”. Testo. Accedido el 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.testo.com/es-ES/downloads/thermal-imager-pocket-guide-registration>

[35] “Catálogo informático de elementos constructivos”. Código Técnico de la Edificación. Accedido el 18 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.codigotecnico.org/Programas/CatalogoElementosConstructivos.html>

[36] “Un deshumidificador resuelve los problemas de humedad y moho en iglesias históricas”. Dantherm Group. Accedido el 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.danthermgroup.com/es/articulos/solucion-de-problemas-de-humedad-y-moho-en-iglesias-historicas>

[37] Murprotec España - Soluciones definitivas contra Humedades. *Murprotec elimina la humedad estructural de un emblemático edificio de Sant Joan Despí, Barcelona.* (14 de enero de 2020). Accedido el 30 de abril de 2025. [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=CFSijoWGZvw>

[38] “Humedades en iglesias y conventos, ¿alguna solución divina?” Hume Ingeniería. Accedido el 30 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://humeingenieria.es/blog/humedad-por-filtracion/humedades-en-iglesias-y-conventos-alguna-solucion-divina/>

[39] “Restauración de pintura mural”. Viridian Restauraciones. Accedido el 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://viridianrestauraciones.es/restauracion-pintura-mural/>

[40] “Restauración pinturas murales afectadas por humedad”. Arquitectura y Patrimonio. Accedido el 30 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://arquipa.wordpress.com/2017/06/12/restauracion-pinturas-murales-afectadas-por-humedad/>

1.5. Definiciones y abreviaturas

1.5.1. Definiciones

- Fresco: Pintura artística realizada directamente sobre mortero de cal o yeso.
- Hidrófugo: Que evita la humedad.
- Humedad relativa: Porcentaje de la cantidad de vapor de agua en el aire a una presión y temperaturas dadas.
- Psicrometría: Estudio de las propiedades del aire húmedo y el efecto de este en materiales y personas.
- Puentes térmicos: Zona de la envolvente de un edificio en la cual se transmite más fácilmente el calor con respecto a las zonas colindantes.
- Termografía: Técnica que mediante el uso de radiación infrarroja permite conocer la temperatura superficial de distintas partes de un cuerpo.

1.5.2. Abreviaturas

- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Atecyr: Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración.
- EPIs: Equipos de Protección Individual.
- HR: Humedad Relativa.
- Hrmedia: Humedad relativa media.
- PEM: Presupuesto Ejecución Material.
- T.^a: Temperatura.
- Tmedia: Temperatura media.
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios.

1.6. Requisitos de diseño

Los requisitos de diseño para este proyecto son principalmente el uso de medios los cuales sean los menos dañinos para los muros con el fin tanto de analizar la existencia de humedades en el interior de la ermita como a la hora de elegir las soluciones a aplicar.

A la hora de seleccionar las soluciones, se ha de tener en cuenta que el edificio tiene un valor histórico, cultural y religioso, por lo cual recibe visitas constantes de manera diaria. Es por esto por lo que, en medida de lo posible, las soluciones a elegir deberán tener una ejecución lo más rápida posible y que sea lo menos molesta e invasivas para los visitantes.

Otro requisito que se debe tener en cuenta es que la solución a aplicar cause la menor contaminación acústica y daños estéticos en la ermita, que alteren la naturaleza solemne del lugar. Por tanto, el uso de grandes máquinas o aparatos que alteren la estética de la ermita o que sean ruidosos y alteren el silencio característico de estos lugares religiosos deberán evitarse.

Se deben tener en cuenta varios aspectos de la naturaleza de los frescos y de las condiciones interiores de la ermita. Estas condiciones interiores llevan a considerar el uso de aparatos que mejoren las condiciones interiores, especialmente la humedad relativa interior, que en muchos casos estudiados se encuentra fuera de valores recomendables para la preservación del patrimonio y para la comodidad de los visitantes.

1.7. Análisis de soluciones

Se han propuesto diversos tipos de soluciones, fundamentalmente, el uso de diversos tipos de ventilación y climatización, dispositivos deshumidificadores, inyecciones químicas, impermeabilización de fachadas y cubiertas y realización de labores de restauración.

Como se puede ver, las posibles soluciones se basan principalmente en el campo de la prevención de la aparición de la humedad. Esta prevención se basa en evitar que se den las condiciones en las cuales se puede producir la humedad por condensación y proteger la estructura de la ermita contra las humedades debidas a la capilaridad y las filtraciones de agua.

Las soluciones de ventilación basan su funcionamiento en el uso de sistema o procedimientos mediante los cuales permitir una renovación de aire en el interior de la ermita. Esta renovación de aire es beneficiosa ya que ayuda a prevenir la aparición de humedades mejorando las condiciones interiores y permite que el aire producido por la respiración de los visitantes, con alto contenido en

humedad, salga de la ermita. La ventilación natural se basa en el uso de corrientes de aire y diferencias de presión para permitir una renovación de este en el interior de un edificio, en este caso la ermita. Por otro lado, las soluciones basadas en ventilación mecánica utilizan aparatos de ventilación que propulsan el aire y permiten una controlada entrada y salida de este del interior de un habitáculo.

Los deshumidificadores, como su nombre indica, son aparatos que basados en diversas tecnologías con los cuales se puede reducir el contenido de humedad relativa de un espacio. Mediante la condensación del aire o atrapando el vapor de agua existente en este, estos dispositivos permiten reducir el contenido de vapor de agua existente en la atmósfera de, en este caso, la ermita, reduciendo así el contenido de humedad en el aire y, por tanto, reduciendo la posibilidad de la aparición de la humedad.

Las inyecciones químicas consisten en la realización de distintas perforaciones en zonas de la pared cercanas al suelo con el fin de inyectar un producto químico en estas. Este producto químico es hidrófugo, es decir, evita la humedad. Mediante la aplicación de estos químicos, se crea una barrera protectora que evita que la humedad por capilaridad ascienda hacia partes superiores del muro, provocando así daños.

Las impermeabilizaciones son procedimientos realizados en el exterior de un edificio, siendo la ermita este caso concreto. Se aplicarán materiales basados en resinas y polímeros los cuales tienen la capacidad de repeler el agua y evitar que esta penetre en ellos. Las zonas más comunes que se suelen impermeabilizar son las fachadas y las cubiertas, con especial atención a estas últimas. Mediante estos procedimientos se evita que el agua de lluvia se pueda filtrar y penetre en el interior de la ermita, lo que produce humedades debido a la filtración o, en casos más extremos, goteras.

Con respecto a la reparación, esta va a tener un carácter de restauración artística de los daños existentes en los frescos. Esta restauración consistiría fundamentalmente en la limpieza y posterior reparación artística de los daños causados por la humedad en los frescos. En aquellas zonas donde existan pérdidas de pintura o hay alta probabilidad de que se pierda con el tiempo, se va a realizar este procedimiento. Por tanto, este proceso de restauración se adapta a las necesidades artísticas y estéticas del edificio.

Se ha decidido descartar la instalación de aparatos de ventilación, debido a la falta de un lugar donde colocarlos sin realizar un daño visual a la ermita, y que su instalación supondría un aumento del gasto energético y una reestructuración del sistema eléctrico. En el anexo de análisis de soluciones se explica en mayor profundidad esta decisión.

Es por esto por lo que se ha decidido adoptar las siguientes soluciones:

-Uso de la ventilación natural con el fin de poder renovar el aire interior de la ermita.

-Instalación de deshumidificadores para reducir la humedad interior y evitar los daños por la humedad.

-Operaciones de inyección de productos químicos para eliminar y prevenir las humedades por capilaridad.

-Impermeabilización de la cubierta para prevenir futuras filtraciones de agua en el interior de la ermita.

-Impermeabilización de la fachada para proteger los muros de la ermita y evitar futuras filtraciones.

-Realización de distintas intervenciones en el ámbito de la restauración de obras de arte, más concretamente en pinturas al fresco.

1.8. Resultados finales

Los resultados obtenidos a partir de este estudio nos indican que, aunque la humedad en la ermita no se encuentra activa ni se está produciendo en la época en la que se han tomado los datos, hay indicios de la existencia de esta y el efecto que estas han tenido y pueden tener a futuro en la ermita el cual es perjudicial para el estado de los muros. En algunos análisis realizados, así como mediante la inspección visual se pueden observar los efectos nocivos de la humedad existente en la ermita, si bien esta no se encuentra en un grado de aparición tan grande como lo esperado.

Es por esto por lo que las soluciones a aplicar para este estudio y caso real, no se basan tanto en la reparación, si no en la prevención para evitar que la humedad pueda dañar en mayor medida los frescos.

2. Anexo I: Condiciones de nuestro estudio

2.1. Condiciones exteriores

La ermita de la Virgen de los Remedios de Vélez-Málaga se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas $36^{\circ}46'53.8''N$ $4^{\circ}05'53.6''W$, referencia catastral 2013202VF0721S0001AO, Coordenadas UTM SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07, a unos 111 metros de altura respecto del nivel del mar, debido a esto, está en la cima de un cerro y, por tanto, no hay ningún edificio o tipo de estructura a su altura. Por tanto, la ermita se encuentra expuesta a todos los fenómenos meteorológicos, sin ningún tipo de atenuación. No solo eso, su altura hace que el viento incida sobre ella sea cual sea la dirección de este. Si bien se encuentra a aproximadamente 4,25 kilómetros de la costa más cercana, es innegable que la influencia del clima de zonas costeras o cercanas a la costa, así como la presencia de vientos con humedad marina está presente en el ambiente que rodea a la ermita.

Por tanto, hay que tener en cuenta, a la hora de realizar cualquier consideración, que cualquier inclemencia meteorológica va a incidir directamente en la ermita. Esto supone un gran inconveniente para la ermita y su estado de conservación. Recibe toda la luz solar, precipitaciones, vientos y humedad del ambiente y esto afecta negativamente a cualquier construcción que se encuentre en estas condiciones, más aún en un edificio tan antiguo.

El clima de Vélez-Málaga es un clima mediterráneo común que, por su cercanía a la costa, se encuentra caracterizado por veranos húmedos, e inviernos aún más húmedos. Con respecto a las precipitaciones, existe un bajo número de días de lluvia, sin importar la estación del año, aunque evidentemente, estas pocas lluvias se concentran en meses de primavera y otoño.

Para realizar el estudio de humedad, es necesario analizar la meteorología de Vélez-Málaga con la cual se puede conocer tanto la evolución de la temperatura media como de la humedad media a lo largo de los años.

Para ello se ha obtenido una muestra de la estación meteorológica más cercana a Vélez-Málaga y que tenga un historial de los datos meteorológicos que son requeridos para realizar el análisis. Tras revisar en diversas fuentes meteorológicas oficiales, los datos serán obtenidos de una estación meteorológica perteneciente al Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Esta estación se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas $36^{\circ}47'45''N$ $4^{\circ}07'53''W$, si bien no se encuentra en el centro de la ciudad, ya que se encuentra a escasos kilómetros, en el aeródromo local, es la fuente de información meteorológica oficial más cercana a la zona en la cual

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

existe un registro de la meteorología, ya que esta fue instalada en el año 2000.
[2]

Para realizar este estudio se va a tomar una muestra significativa de datos meteorológicos de la zona. Es por esto por lo que, de la fuente anteriormente mencionada, se van a obtener los datos de los últimos 10 años de Vélez-Málaga, es decir, desde el año 2015 a 2024. En este caso serán obtenidos los valores mensuales de temperatura media y humedad relativa media.

2024	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	12,54	70,64
Febrero	14,18	63,77
Marzo	14,70	66,96
Abril	16,71	63,42
Mayo	19,89	52,80
Junio	23,19	52,21
Julio	26,41	55,14
Agosto	27,29	61,65
Septiembre	23,49	60,41
Octubre	19,87	68,32
Noviembre	16,67	78,23
Diciembre	12,05	73,38

Tabla 1: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2024. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2023	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,98	66,58
Febrero	11,46	69,13
Marzo	16,32	54,93
Abril	18,61	54,29

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Mayo	19,69	65,16
Junio	23,73	61,74
Julio	27,54	59,73
Agosto	26,97	55,95
Septiembre	23,29	68,53
Octubre	20,22	69,87
Noviembre	15,95	60,37
Diciembre	11,89	67,86

Tabla 2: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2023. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2022	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,00	64,54
Febrero	13,13	59,39
Marzo	13,81	67,56
Abril	15,48	59,20
Mayo	20,75	55,41
Junio	24,65	51,65
Julio	26,34	58,46
Agosto	26,37	58,85
Septiembre	23,68	54,46
Octubre	20,47	66,25
Noviembre	17,02	63,84
Diciembre	13,83	80,08

Tabla 3: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2022. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

2021	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,06	69,04
Febrero	13,10	70,85
Marzo	13,74	70,71
Abril	16,44	72,22
Mayo	19,35	62,84
Junio	22,70	56,32
Julio	25,98	52,66
Agosto	26,17	59,33
Septiembre	23,70	60,50
Octubre	19,30	65,41
Noviembre	13,69	56,38
Diciembre	13,45	66,00

Tabla 4: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2021. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2020	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,45	73,91
Febrero	13,92	73,88
Marzo	15,42	65,40
Abril	16,38	73,86
Mayo	19,90	63,09
Junio	23,22	52,94
Julio	25,95	61,57
Agosto	26,24	53,15
Septiembre	22,94	59,72
Octubre	17,70	59,34

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Noviembre	15,76	75,65
Diciembre	12,85	64,97

Tabla 5: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2020. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2019	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,18	64,63
Febrero	11,42	68,92
Marzo	14,58	61,31
Abril	15,66	63,06
Mayo	20,02	57,39
Junio	22,41	50,90
Julio	25,55	56,22
Agosto	25,81	57,84
Septiembre	23,08	66,88
Octubre	19,09	63,65
Noviembre	16,05	57,22
Diciembre	13,92	69,35

Tabla 6: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2019. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2018	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	12,30	66,35
Febrero	12,37	59,86
Marzo	14,51	65,28
Abril	16,18	63,91
Mayo	18,97	58,00
Junio	23,06	53,43

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Julio	24,82	54,91
Agosto	26,09	60,16
Septiembre	24,02	69,44
Octubre	18,38	73,63
Noviembre	14,08	74,96
Diciembre	11,79	73,69

Tabla 7: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2018. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2017	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,21	63,85
Febrero	13,51	72,24
Marzo	14,20	64,25
Abril	16,52	65,00
Mayo	20,12	58,35
Junio	24,67	55,19
Julio	25,00	56,83
Agosto	25,65	63,52
Septiembre	22,99	59,59
Octubre	19,67	70,86
Noviembre	14,69	71,74
Diciembre	12,43	67,70

Tabla 8: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2017. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2016	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	12,89	73,26
Febrero	13,27	65,34

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Marzo	14,07	56,38
Abril	16,61	65,93
Mayo	18,67	66,93
Junio	23,37	54,05
Julio	25,79	59,17
Agosto	25,80	65,11
Septiembre	23,12	60,55
Octubre	19,65	75,32
Noviembre	14,27	71,59
Diciembre	12,53	81,06

Tabla 9: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2016. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2015	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	10,77	73,13
Febrero	12,09	61,41
Marzo	14,06	73,48
Abril	16,66	64,49
Mayo	20,59	59,93
Junio	23,09	52,03
Julio	27,20	62,89
Agosto	27,08	59,42
Septiembre	22,67	64,96
Octubre	19,37	78,19
Noviembre	15,05	76,09
Diciembre	12,81	79,12

Tabla 10: Datos Meteorológicos en Vélez-Málaga en 2015. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Si se toman todos estos datos, será posible crear un día “tipo” de Vélez-Málaga. Este dato se obtiene mediante la realización de la media aritmética de todos los datos obtenidos de la estación meteorológica.

El día promedio de Vélez-Málaga es un día en el que la temperatura media es de 18,47 °C y la humedad relativa es de un 64%.

En este caso, para nuestro estudio, será más conveniente la creación de un “año tipo”, en el cual se muestren las condiciones mensuales de temperatura media y humedad relativa media. Con los datos mencionados anteriormente se puede observar el siguiente año tipo:

Año Tipo	Tmedia [°C]	Hrmedia [%]
Enero	11,64	68,59
Febrero	12,84	66,48
Marzo	14,54	64,63
Abril	16,53	64,54
Mayo	19,80	59,99
Junio	23,41	54,04
Julio	26,06	57,76
Agosto	26,35	59,50
Septiembre	23,30	62,50
Octubre	19,37	69,08
Noviembre	15,32	68,61
Diciembre	12,75	72,32

Tabla 11: Datos Meteorológicos del año tipo en Vélez-Málaga. Fuente: Realización propia basada en los datos del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

2.2. Condiciones arquitectónicas y constructivas

Para tener en cuenta las condiciones arquitectónicas y constructivas, es necesario primeramente considerar el pasado histórico del edificio, ya que este se construyó en el siglo XVII.

Como es de esperar, las técnicas de construcción no se asemejan a las que actualmente disponemos, ya que en aquella época no se disponía de los métodos constructivos, ni maquinaria y no existía una normativa de construcción similar a la existente en la actualidad.

No por ello se debe subestimar la obra de aquellos que construyeron la ermita, ya que usaron todos los medios y técnicas que tenían a su disposición y cómo se puede ver, esta ha soportado las inclemencias meteorológicas y se ha mantenido en pie durante años. Si bien es cierto que en esta ermita se han realizado obras y reformas, estas han sido muy superficiales, y de pequeña escala, centradas en su mayoría en zonas distintas a las estudiadas en este proyecto, como podrían ser la sacristía o el altar. Por tanto, hay que considerar que la ermita ha llegado a nuestros días con la estructura principal que se construyó originalmente.

Primero se va a analizar la forma de la ermita con el uso de un plano de la planta de esta. Debido a la antigüedad de la construcción, ha sido imposible encontrar un plano de la estructura. Es por esto por lo que se ha tomado la decisión de tomar medidas de la ermita de una manera manual.

Para ello se han utilizado cintas métricas, un medidor de distancias láser e incluso reglas para partes más difíciles de medir. El proceso de medición se ha ido realizando cuidadosamente tanto en el interior como exterior de la ermita, teniendo en cuenta diferentes elementos de la arquitectura, como puertas o pilares. Tras estas mediciones aquí se muestra el plano existente el cual se va a analizar.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

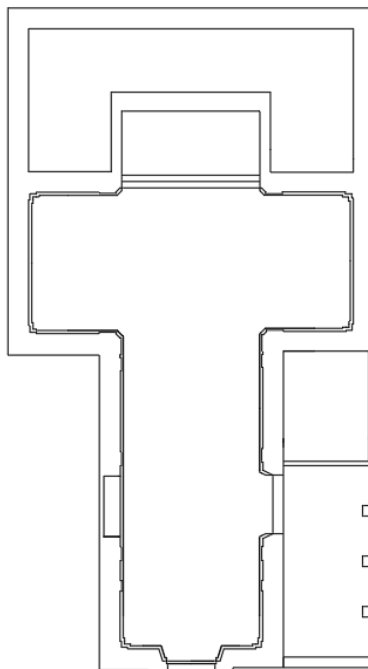


Figura 4: Plano de planta de la ermita. Fuente: Realización propia.

Se puede ver en el plano que la estructura interna de la ermita tiene una forma de cruz latina, característica en este tipo de edificaciones religiosas católicas de la época. Su exterior está caracterizado por ángulos y paredes rectas, sin existencia de pilares u otros elementos, salvo en la puerta principal y lateral derecho. La ermita posee un pequeño patio techado, separado del exterior por una valla metálica, por lo tanto, se va a considerar que está en el exterior, ya que no ofrece protección alguna a la ermita en cuanto a viento y humedad.

También será necesario para los muros de la cara norte de la ermita, tener en cuenta, tal y como se puede ver en los planos, que existe en la zona detrás del altar, un espacio de carácter privado, el cual cumple labores de sacristía, así como de almacén para distintas necesidades de la ermita o cofradías de la zona. Estos habitáculos al ser de acceso restringido no han podido ser medidos, por lo tanto, se ha realizado una estimación de los muros que se encuentran alrededor de esta zona. Se considera además que las condiciones interiores de esta zona son similares a las del resto de la ermita.

Analizando el interior se puede observar la existencia de pilares y esquinas achaflanadas, puntos a los que se debe prestar atención, ya que son puntos donde en los que comúnmente se puede detectar la humedad y por donde algunos edificios de similares características sufren los efectos de esta. También es común que en estas partes de la edificación se produzcan puentes térmicos.

Gracias a la realización de este plano, se puede conocer las dimensiones no solo de cada una de las paredes tanto interiores en las que se encuentran los frescos,

como exteriores, sino que se puede conocer la profundidad de estos muros, dato de gran importancia a la hora de poder analizar las causas y proponer soluciones a los problemas de humedad existentes en la ermita.

El ancho (o profundidad) de los muros ronda entre valores de 937 mm y 1021 mm, una anchura bastante considerable, aunque común en edificios históricos y de esta envergadura. El ancho de estos muros será un factor que se deberá tener en cuenta para realizar las consideraciones oportunas, tanto en el análisis de la humedad, como en el diagnóstico y posibles soluciones para aplicar en la ermita.

Los edificios, no solo de carácter religioso, de esta época suelen ser muy “masivos”, es decir, los muros de la estructura son mucho más anchos y grandes de lo que sería necesario para poder soportar la estructura. Esto también es debido a los materiales empleados en la realización de estos muros, lo cuales no eran tan avanzados como los existentes en la actualidad.

Con respecto a los murales donde se encuentran los frescos, representan casi la totalidad de la superficie de los muros de la ermita, la única zona no cubierta por los murales a estudiar son las zonas del altar y algunos pilares. Estos murales, que cuentan con entre 2 y 3 décadas de historia, son de suma importancia artística e histórica, como se comentó anteriormente, por tanto, es fundamental, que se realice la menor manipulación posible de estos, ya que la interacción con estos haría que aumentase el deterioro, ya que en muchos de ellos se puede observar zonas con la pintura hinchada o agrietada, y una manipulación significaría un mayor riesgo de pérdida de los frescos.

También se debe tener en consideración el gran tamaño de estos murales. Es sensato considerar que la retirada y posterior repintado de los frescos es una obra “inabarcable”, ya que la superficie es muy extensa y llevaría años de realización, que obligarían al cierre de la ermita. Cabe recordar, que el autor de los frescos tardó 12 años en completar la superficie que hoy se puede observar. Por tanto, esto nos lleva a desechar algunos procedimientos tanto de análisis de la humedad como de protección contra esta.

Sin embargo, encontramos en la ermita un elemento que nos servirá de ayuda a la hora de plantear distintas soluciones. Como se puede apreciar en las imágenes, los frescos no comienzan en el suelo de la ermita, si no que existe una celosía de madera, la cual se encuentra entre el suelo y los frescos. Esta celosía no se encuentra incrustada en la pared, simplemente está apoyada o enganchada en esta, lo que permitiría su retirada en caso de que fuera necesaria para realizar algún análisis o solución.

Esta celosía tiene 60 cm de altura y tras ella se encuentra una parte del muro, que no se encuentra pintada ni con pintura, ni con los frescos, ni con cal, simplemente existe una capa de mortero, o argamasa, que recubre la pared.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Con respecto a los muros, es difícil conocer su composición exacta, ya que es una construcción de hace siglos y las técnicas de construcción, así como los materiales, no estaban para nada estandarizados, ni seguían normativas o catálogos.

Para descubrir el tipo de construcción y los materiales empleados, se ha hecho un análisis de los edificios históricos de la zona, que daten de fechas de construcción cercanas a las de la ermita. En otros edificios se ha podido ver que las construcciones se realizaban usando principalmente dos elementos en los muros, ladrillos macizos y mortero o argamasa. En la propia ermita, en la zona de la puerta lateral, se puede ver, en el encuentro de la puerta con la pared, esta técnica de construcción. También es visible esta técnica de construcción en el lugar donde se ubican las representaciones religiosas en frente de la puerta lateral y tras la celosía.

Como se mencionó anteriormente, el ancho de los muros ronda los 95 cm, según lo observado en construcciones locales similares, para obtener el ancho deseado, se colocaban más hileras de ladrillos, no simplemente una simple hilera. Como es de esperar, no se puede suponer que en una construcción tan antigua existan muros que contengan varias capas distintas, así como cámaras de aire, por tanto, es sensato concluir que el muro es macizo y que en todo el perímetro y ancho de los muros se mantiene esta técnica constructiva.

Los ladrillos cerámicos utilizados no son similares a los que existen hoy en día, ya que los ladrillos de la ermita son más estrechos y son macizos. Una peculiaridad es que los ladrillos no se apoyan como hoy en día, apoyando el canto en caso de ser ladrillos estrechos, sino que se encuentran dispuestos por la cara con mayor superficie. Es visible, que existe una gran separación de entre un ladrillo y otro existiendo entre ellos grandes capas de argamasa o mortero.

Los ladrillos se realizaban en pequeños tejares locales, por tanto, desconocemos sus propiedades, ya que no existen pruebas, ni ensayos, ni catálogos realizados sobre estos, por tanto, asimilaremos estos ladrillos a los ladrillos macizos actuales.

Con respecto a la cimentación desconocemos en su totalidad dato alguno de ella, pero, así como hicimos con los muros, podemos suponer, observando edificios similares, que está compuesta por mortero o argamasa y en este caso, piedras de la zona.

Con respecto a las cubiertas, estas se basan en el uso común de tejas.

2.3. Distribución de los frescos

Para una mayor comprensión se ha decidido enumerar los muros con frescos del interior de la ermita.

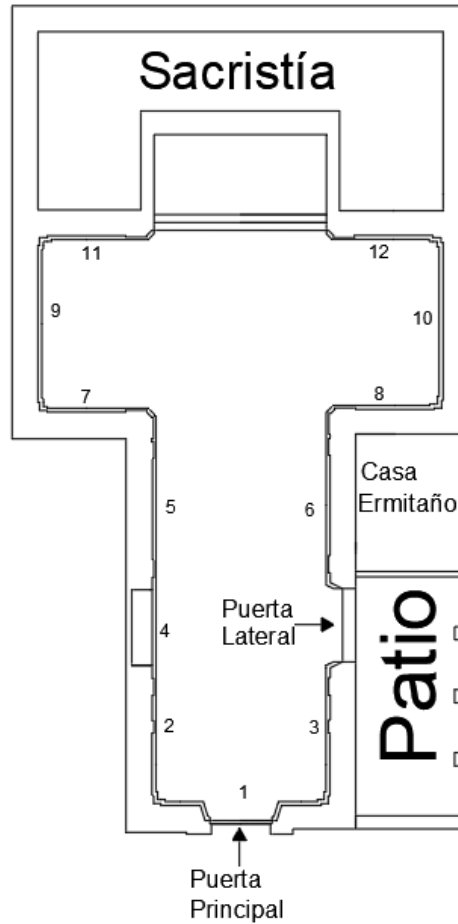


Figura 5: Plano de distribución de los muros a analizar. Fuente: Realización propia.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

En las siguientes imágenes se puede ver qué fresco se encuentra en cada uno de los muros:



Figura 6: Fotografía del muro 1. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 7: Fotografía del muro 2. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 8: Fotografía del muro 3. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 9: Fotografía del muro 4. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 10: Fotografía del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 11: Fotografía del muro 6. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 12: Fotografía del muro 7. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 13: Fotografía del muro 8. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

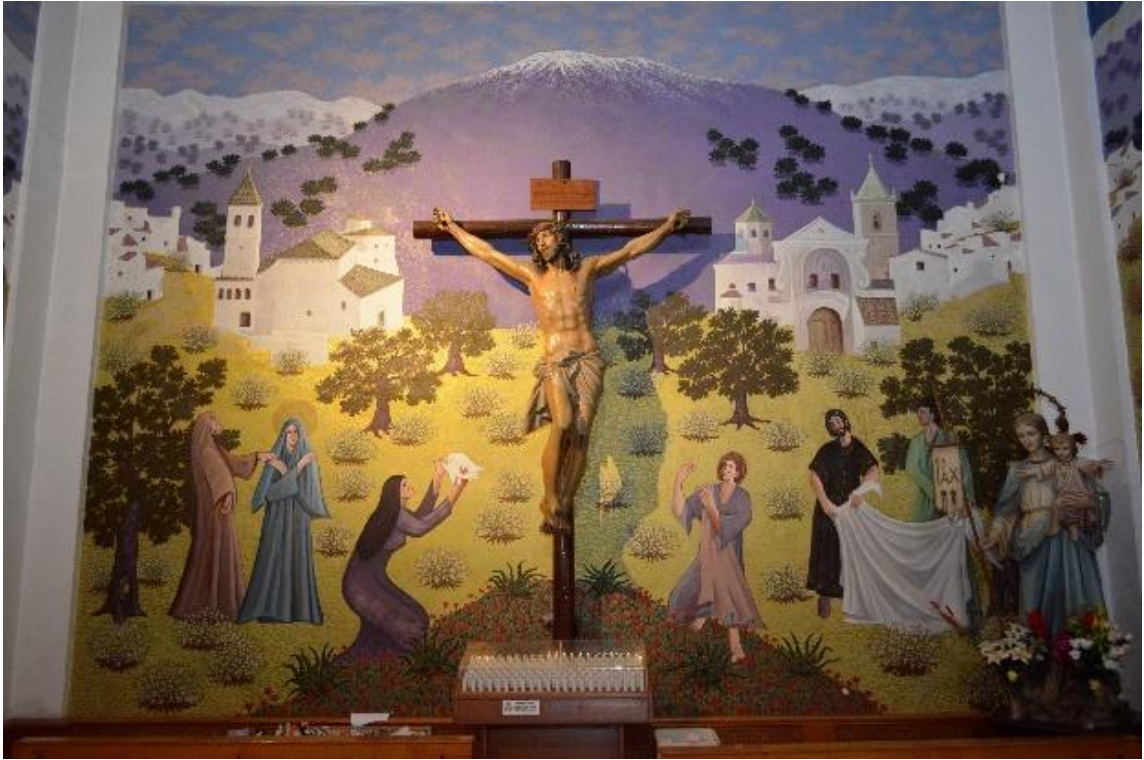


Figura 14: Fotografía del muro 9. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 15: Fotografía del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 16: Fotografía del muro 11. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.



Figura 17: Fotografía del muro 12. Fuente: Realización propia con cámara Nikon D5200.

2.4. Condiciones interiores

La primera condición que comentar de las condiciones interiores de la ermita no es su temperatura o humedad relativa, es su paupérrima ventilación. Uno de los factores para evitar las humedades y mantenerlas a raya es una adecuada ventilación de las estancias que queramos proteger contra la humedad. La ermita, debido a su construcción y arquitectura, no cuenta con ninguna ventana que pueda ser abierta, como ocurre en edificios de estas características, ni existe ningún elemento que permita el correcto flujo de aire, ventilación y renovación de aire.

El único lugar por el que puede entrar el aire a la ermita es por la puerta de entrada lateral, puerta que se encuentra abierta únicamente en el horario de visita de la ermita seis días a la semana. Además, esta puerta, comparada con la puerta principal, por ejemplo, es de muy pequeño tamaño y comparada con todo el volumen de aire existente en la ermita, es entendible asumir, que no proporciona la ventilación adecuada a esta.

3. Anexo II: Humedades y tipos de humedades

Cuando se habla de humedad, es posible referirse tanto a la humedad en el aire como a la que se encuentra en las paredes. La segunda definición de la palabra humedad según la Real Academia Española define esta como: *“Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.”*

La humedad tiene varias formas de aparecer, tanto en el aire como en las paredes y no todas se deben a los mismos factores, si bien es cierto que ciertas condiciones favorecen la aparición de estas.

Existen varios mecanismos por los que se puede manifestar la humedad en un edificio, muchos de estos mecanismos dependen de la ubicación de los elementos estructurales, por ejemplo, en muros cercanos a los suelos o cimentaciones.

No existe un gran consenso sobre los tipos de humedad, es decir, no hay una gran clasificación, si no que varios autores identifican las posibles causas de la humedad y cada uno organiza los tipos de humedad y los agrupa de maneras diferentes.

Primeramente, se debe tener en cuenta que existe humedad en el aire y en la atmósfera, esta humedad depende de la temperatura del aire, a mayor temperatura del aire, mayor humedad relativa.

La humedad relativa es la relación entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría en el aire a la misma temperatura. [4]

También es necesario tener en cuenta, las condiciones del punto de rocío del aire, principalmente la temperatura de rocío. Esta temperatura a unas condiciones dadas de humedad y presión es la temperatura a la cual comienza a condensar el vapor de aire atmosférico. Si la temperatura ambiental desciende, se producirá la condensación y se formará la humedad.

3.1. Humedad por condensación

Se puede catalogar uno de los tipos de los tipos de humedad como la humedad debida a la condensación.

Esta humedad se debe, como su nombre indica a la condensación de la humedad existente en el aire cuando este entra en contacto con una superficie fría, en este caso pared o techo. Esto ocurre porque una parte del vapor de agua

que existe en el aire se enfría y, por tanto, pasa de estado gaseoso a líquido y se produce esta humedad.

En términos técnicos, la condensación comenzará cuando la temperatura y humedad se encuentran por debajo del punto de rocío.

Este tipo de humedad tiene varias causas que las producen

-Ventilación deficiente: Una mala ventilación, no permite el correcto flujo de entrada y salida de aire, por tanto, no cambia la masa de aire en el interior y por ello, empieza a aumentar la humedad relativa y esta comienza a aproximarse a los valores de saturación. Si nuestras condiciones interiores comienzan a aumentar en humedad relativa, será más sencillo que ocurra la saturación debido a que no necesitará de tanta diferencia de temperatura entre aire y muros para que esta se manifieste.

-Mal aislamiento de los muros: Cuando los muros poseen un mal aislamiento térmico, es más fácil que estos conduzcan la temperatura, esta alta conductividad térmica hace que disminuya la temperatura de los muros, por tanto, el aire al entrar en contacto con ellos disminuye su temperatura con mayor facilidad y por ello se produce la condensación.

-Condiciones interiores y exteriores: Las condiciones interiores y exteriores pueden ser causa de la existencia de condensaciones, principalmente las grandes diferencias entre las condiciones son motivo de aparición de las humedades. Esto ocurre principalmente en meses fríos y va enlazado al punto anterior, si en el exterior existen muy bajas temperaturas, la temperatura del muro será menor, lo que favorecerá la existencia de condensaciones como se mencionó anteriormente. También puede ocurrir si el aire interior se encuentra a una alta temperatura respecto del exterior y el resultado es el mismo.

-Actividad: La actividad en el interior de un edificio, debe también ser un factor para tener en cuenta cuando se analiza la humedad por condensación, actividades que producen vapor de agua, como duchas calientes, cocina, entre otras, son fundamentales para el aumento de la humedad relativa en el interior de un edificio y, como se mencionó anteriormente, a mayor humedad relativa, mayor producción de condensación y por tanto mayor humedad. En el caso de la ermita, esta es un lugar donde se realizan actividades religiosas, así como visitas organizadas. Todas estas actividades atraen un gran número de personas que se encuentran simultáneamente en el interior de la ermita. La respiración humana produce vapor de agua, en condiciones casi cercanas a la condensación, esto implica que la gran afluencia de personas conlleva un aumento considerable de la humedad relativa y por ello van a existir un mayor número de condensaciones.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Estas causas no ocurren de manera aisladas las unas de las otras, si no que unas se combinan con las otras, lo que aumentan las condensaciones y el efecto dañino de esta humedad. Un ejemplo bastante común para el caso de la ermita: Se realiza una visita grupal a la ermita, en esas visitas coinciden un considerable número de personas simultáneamente en el interior, por lo que aumenta, debido a la respiración de los visitantes, la humedad relativa. Cuando la visita acaba, el ambiente se encuentra con mucha humedad, humedad que permite que ocurra la condensación. Al ser la ventilación deficiente, no ocurre la renovación del aire, por tanto, este aire húmedo se mantiene en el interior de la ermita, prolongando el tiempo en el que el aire con mucha humedad puede provocar condensaciones y produciendo estos efectos nocivos.

Este tipo de humedad es de carácter superficial, no penetra en las paredes, pero sí afecta a la superficie, área en la que se encuentran los frescos, y que por tanto es de suma importancia en este estudio.

Es una humedad que no es persistente con el tiempo, si no que ocurre únicamente cuando las condiciones mencionadas anteriormente ocurren, por tanto, una manera de protegerse contra esta sería evitar que se den las condiciones necesarias para que esta ocurra.

Se produce de manera uniforme en la superficie, por lo que no se concentra en zonas concretas.

Es el tipo de humedad es el más común en la edificación y la que previsiblemente aparecerá principalmente en nuestra ermita. [4-8]



Figura 18: Fotografía de un muro con humedades por condensación. Fuente: Libro "Humedades" de Luis Humberto Casas Figueroa.

3.2. Humedad por capilaridad

Primero, sería importante explicar el concepto de capilaridad. La Real Academia Española define la capilaridad como: *“Fenómeno por el cual la superficie de un líquido en contacto con un sólido se eleva o desciende según aquel moje o no a este.”*

La capilaridad se refiere al fenómeno por el cual el agua del suelo, en contacto con las paredes, la cimentación o cualquier elemento en contacto con el terreno se eleva y asciende por este. Es una excepción a la ley hidrostática de los vasos comunicantes que se produce de forma más marcada en tubos capilares. [4]

En el caso de la ermita, este tipo de humedad puede aparecer con mayor facilidad, debido a las características de materiales con los que se conforman estos muros, ya que existen conductos y fisuras, así como la no uniformidad de la pared, que está compuesta por varios materiales distintos que se encuentran intercalados, como en nuestro caso sería el mortero y el ladrillo. [5]

Este tipo de humedad afecta especialmente a muros anchos, como es el caso de los muros de la ermita.

Esta humedad no solo arrastra consigo agua hacia la parte superior, también, las sales del suelo y del muro y que, al evaporarse, estas se depositan en la pared formando manchas blanquecinas y cristales visibles.

Hay que tener en cuenta que, aunque hoy en día los alrededores de la ermita se encuentren tratados y enladrillados, durante mucho tiempo los alrededores eran zonas de tierra con jardín y grandes árboles que no solamente eran regadas, si no que han estado recibiendo el agua de lluvia durante años.

Este tipo de humedad puede alcanzar incluso los 1,5 metros respecto del suelo, por tanto, podrían ser visible en los frescos. También podrían no ser visibles debido a que se encuentran tras la celosía de madera, y aunque actualmente no dañe los frescos, si puede causar un daño a la estructura o a los frescos posteriormente. [4-5,7-8]



Figura 19: Fotografía de un muro con humedades por capilaridad. Fuente: Página oficial de Sika.

3.3. Humedades por filtraciones

Este tipo de humedades se produce cuando el agua o la humedad penetra por grietas o fisuras en caso de viento o lluvia.

Esta infiltración también puede deberse a la porosidad de los materiales que componen tanto los muros como las cubiertas o debido a problemas y errores en la disposición de los elementos constructivos de la ermita.

Si bien es cierto que en el exterior de la ermita no se ve ninguna grieta significativa ni hay problemas visibles, desconocemos si anteriormente, la ermita no presentaba grietas o los materiales porosos se encontrasen en contacto directo con la climatología exterior. [7]



Figura 20: Fotografía de un muro con filtraciones. Fuente: Página oficial de Humicontrol.

3.4. Humedades debidas al proceso constructivo

Estas humedades son las debidas al proceso constructivo, principalmente al propio uso del agua en la elaboración de cementos, hormigones, morteros y otros elementos conglomerantes. Para nuestro estudio, es completamente imposible conocer esto, debido a la antigüedad del edificio, por lo que se va a suponer en este caso que no existe humedad debido a este mecanismo, y que, si hubiera existido, esta se hubiera evaporado o desaparecido con el paso de los siglos. [4]

4. Anexo III: Catálogo de daños de la ermita

Los daños en los frescos son perfectamente visibles en la mayoría de los casos y se encuentran repartidos por todo el perímetro de la ermita, afectando a la mayoría de estos, aunque de distinta manera, es decir, no son visibles los mismos defectos, daños o roturas en todos los frescos. Para facilitar el análisis de los datos y la catalogación se va a tomar la misma referencia de muros con frescos que la indicada anteriormente.

Mediante la inspección visual se encuentran los siguientes desperfectos:

4.1. Muro 1

En el muro 1 se observan sobre todo trozos de pintura caída en la zona de la puerta principal de la ermita, principalmente en el lado izquierdo de la misma. Esto puede deberse a un mal aislamiento y a la dificultad de la correcta instalación de la puerta, instalada posteriormente en la ermita. No solo eso, también se puede ver en el lado izquierdo, si se observa en dirección a la puerta la puerta, zonas que han perdido parte de la pintura, como en el brazo de la mujer que hace tejeringos. También es posible vislumbrar cómo se está levantando la pintura en la zona cercana al pilar izquierdo.



Figura 21: Fotografía de desperfectos en muro 1. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.2. Muro 2

Es posible ver en el muro 2, principalmente la existencia de grietas, en las proximidades del pilar, así como la caída de la pintura en zonas varias de la pared, como se puede comprobar en la representación de hilandera, que presenta numerosas pérdidas de la pintura. En la representación de un monumento local, a la derecha de la imagen, se puede ver como la pintura se está levantando.

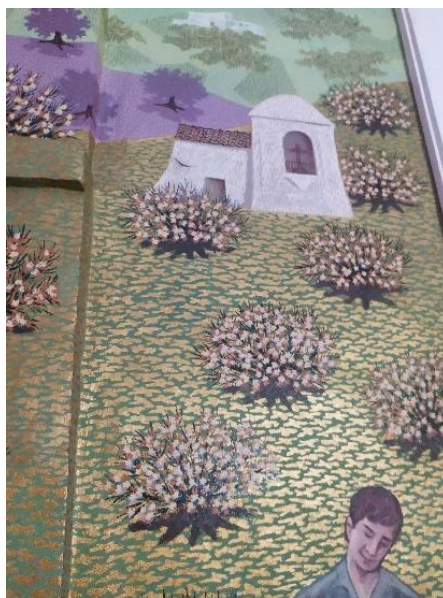


Figura 22: Fotografía de desperfectos en muro 2. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.



Figura 23: Fotografía de desperfectos en muro 2. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.3. Muro 3

El muro 3 no presenta casi daños, si bien es cierto que existe una pequeña protuberancia, que se encuentra pintada, la cual no se puede saber a ciencia cierta si es desperfecto de la pared en su construcción o efecto de la humedad.



Figura 24: Fotografía de desperfectos en muro 3. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.4. Muro 4

El muro 4, el hueco donde se encuentran las imágenes religiosas se encuentra en buen estado, y no hay signos de desgaste ni de humedad.

4.5. Muro 5

En este muro se pueden encontrar daños en zonas notables de la pintura, es posible observar varios levantamientos en la pintura, por ejemplo, en la zona en la que se representa la iglesia de San Juan Bautista de Vélez-Málaga. También se puede vislumbrar como la pintura en la pierna de la mujer que recoge agua está dañada visiblemente, con pérdidas de pintura notables.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 25: Fotografía de desperfectos en muro 5. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.



Figura 26: Fotografía de desperfectos en muro 5. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.6. Muro 6

El muro 6 se encuentra dañado en toda su zona inferior, pudiendo ver en este, principalmente, una caída en la pintura en todo el largo de la pared. La figura del alfarero está especialmente dañada y por sus colores resulta especialmente llamativa y visible.



Figura 27: Fotografía de desperfectos en muro 6. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.



Figura 28: Fotografía de desperfectos en muro 6. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.7. Muro 7

El muro siete solamente posee pequeñas grietas y roturas en la pintura, que no son especialmente llamativas.

4.8 Muro 8

Este muro no posee desperfecto alguno, se puede vislumbrar solamente la existencia de una puerta, camuflada en la pintura, que tiene como uso almacenar objetos de la iglesia, y que, por ello en la pintura, se nota la silueta.

4.9. Muro 9

Los daños de este muro son considerables, no solo las caídas de pinturas son numerosas, sino que también nos encontramos grietas de gran longitud en la pintura y zonas donde la pintura está completamente levantada y a punto de caerse, que se encuentran localizadas en varias partes, algunas de ellas significativas, de la pintura.



Figura 29: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 30: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

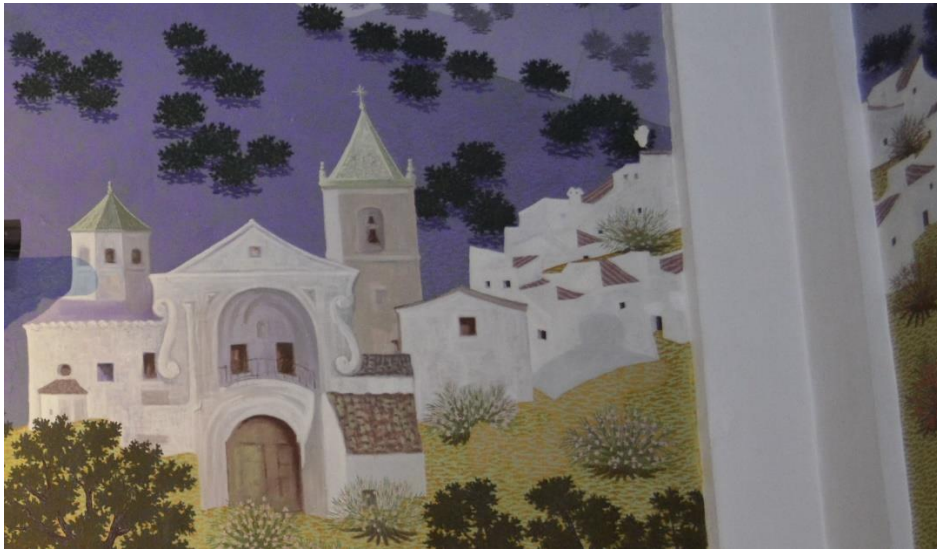


Figura 31: Fotografía de desperfectos en muro 9. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.10. Muro 10

El estado del muro 10 es sin lugar a duda el peor de todos, se puede ver a simple vista, sin necesidad de estar siquiera cerca de este. La parte inferior está completamente dañada, ha perdido la mayoría de la pintura de esta zona. Estos daños se extienden inclusive a los pilares que se encuentran junto a la pintura.



Figura 32: Fotografía de desperfectos en muro 10. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.11. Muro 11

El muro 11 posee pequeños daños localizados debido a la pérdida de pintura y las grietas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 33: Fotografía de desperfectos en muro 11. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

4.12. Muro 12

El muro 12 muestra una grieta de gran tamaño, y pequeñas grietas, pero ningún desperfecto como la caída de pintura o el levantamiento de esta.



Figura 34: Fotografía de desperfectos en muro 12. Fuente: Realización Propia con cámara Nikon D5200.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

5. Anexo IV: Tratamientos contra la humedad

En la actualidad, existen diferentes procedimientos y productos cuya intención es proteger a una estructura, techo, suelo o muro contra la humedad. La mayoría de los siniestros debidos a patologías que directa o indirectamente se deben a la humedad suponen aproximadamente un 30%. [4]

Es por esto por lo que existen en la actualidad cientos de empresas dedicadas tanto a la creación de sistemas para reducir la humedad como a la instalación de estos o realización de tratamientos contra la humedad e impermeabilizaciones.

Al igual que existen multitud de procedimientos y tratamientos contra la humedad, también existen diferentes clasificaciones sobre los tipos de método que podemos emplear para tratarla.

Sería posible, por ejemplo, analizar y clasificar dependiendo del tipo de campo de conocimiento y de tecnología que aplicásemos para combatir estas humedades. Muchos de estos procedimientos se basan en la química, otros se basan en la termodinámica.

También es posible hacer una clasificación sobre lo destructivo o difícil de implementar qué tiene un método u otro, debido a que algunos métodos no necesitan de mucha complejidad para su instalación y no atañen daño alguno a las paredes donde se va a realizar el tratamiento, mientras que otros requieren de grandes obras que conllevan a la destrucción o remodelación de partes de muros y paredes.

Por tanto, se van a comentar diversas técnicas, tecnologías y procedimientos para tratar las humedades. [4,8]

5.1. Ventilación

La Real Academia Española define el verbo ventilar en su cuarta acepción como “Renovar el aire enrarecido de un aposento o pieza cerrada”. La ventilación consiste principalmente en permitir que el aire de un habitáculo pueda salir y que aire del exterior pueda entrar en este.

La renovación del aire es fundamental para evitar la humedad, ya que el aire que se encuentra en un habitáculo sin ventilar tiende a causar condensaciones y favorece la proliferación de la humedad. Más aún cuando existen fuentes que producen humedades y aire condensado a un ritmo mayor al que el aire puede salir del espacio a analizar. En nuestro caso, la ventilación de la ermita es muy deficiente ya que el aire solo puede ser renovado a través de una puerta pequeña, ya que la principal se encuentra habitualmente cerrada, mientras que

la respiración de los visitantes aumenta la humedad y condensa el aire del ambiente de la ermita.

Es por esto por lo que uno de los métodos más habituales para evitar la aparición de la humedad es una correcta gestión de la ventilación del habitáculo. Y para ellos existen diversas formas. [6]

5.1.1. Ventilación natural

Una de las formas más sencillas y económicas de obtener un flujo y ventilación de aire óptimo para evitar la humedad es el uso de la ventilación natural. Esta ventilación natural solamente requiere de la existencia de ventanas o puertas que puedan ser abiertas para permitir que exista la renovación del aire. En el saber popular siempre se ha dicho que hay que abrir las ventanas con regularidad para permitir la entrada de aire y “airear” la estancia, para evitar así humedades, lo cual es cierto. Pero no consiste simplemente en tener abiertas puertas y ventanas durante todo el día. Debido a que en este caso nos encontramos con un lugar de pública concurrencia como es una ermita, se debe tener en cuenta el confort de los visitantes. Por tanto, habrá que realizar intervalos intermitentes en los que abrir las puertas para permitir la ventilación. También se debe tener en cuenta la entrada de polvo en suspensión que pueda dañar los frescos, por lo que no es conveniente mantener las puertas abiertas durante todo el día.

Este sistema es más “rudimentario” ya que no es posible tener un control exacto de la cantidad de aire que está siendo renovada, además esta será dependiente de las condiciones exteriores a la estancia que queramos airear, para el caso de nuestra ermita, no es lo mismo intentar ventilarla un día sin viento que cuando haya viento, debiendo tener también en cuenta la dirección de este. Se ha visto que su uso puede ser más beneficioso que el uso de ventilación mecánica. [9]

Este método tiene una gran ventaja, y es su sencilla implementación y coste nulo, en el caso de nuestra ermita tenemos una gran puerta en la entrada de en el muro 1, la cual permanece cerrada habitualmente, salvo ocasiones especiales. La apertura de esta puerta podría suponer una gran entrada de aire que renovara la ermita.

5.1.2. Ventilación artificial o mecánica

La ventilación artificial busca cumplir la misma función que la ventilación natural, pero empleando en este caso aparatos y maquinaria, así como unos sistemas de conductos de ventilación y en muchas ocasiones, aparatos de aire acondicionado.

Este sistema actualmente es uno de los más utilizados, sobre todo en lugares como viviendas y museos o incluso en lugares tan singulares como la Capilla Sixtina, normalmente, debido a que vienen incorporados en sistemas de climatización. [10]

Además, este sistema inyecta al receptáculo grandes cantidades de aire, asegurando así una ventilación constante y que puede ser controlada para cualquier época del año o condición exterior. Es por ello por lo que es uno de los sistemas más efectivos para el control de las humedades, siendo propuesto por multitud de empresa de tratamiento de humedades. [11]

Este sistema tiene en nuestro caso un gran inconveniente y es que requeriría de la realización de obras que conllevarían la necesidad de realizar perforaciones en los muros de la ermita, lo que podría dañar los muros.

Dentro de esta opción de ventilación mecánica existe un sistema más simple, aunque menos efectivo, que consistiría en la utilización de ventiladores para, en zonas concretas, permitir un movimiento del aire, facilitando así la circulación de este, evitando así que el aire se quede en una misma zona aumentando la humedad. El uso de los ventiladores, que permitiría una fácil instalación con poca obra, podría servir para favorecer la ventilación, aunque de una manera muy residual, pero en zonas concretas, como podría ser áreas donde haya mayores desperfectos debido a la humedad.



Figura 35: Fotografía de sistema para ventilación mecánica. Fuente: Página oficial de Titon.

5.2. Deshumidificadores

Los deshumidificadores son dispositivos que como su propio nombre indica tienen la función de reducir la humedad del ambiente, en este caso del interior de una habitación o para este trabajo en el interior de la ermita.

La mayoría de los deshumidificadores se dedica a atrapar de diversas maneras la humedad que existe en la atmósfera, condensándola y depositando esta agua condensada en un depósito o desaguándola.

Existen en el mercado una gran variedad de deshumidificadores que se basan en diferentes procedimientos tanto químicos como termodinámicos y que vienen presentados en gran cantidad de potencias, capacidades de deshumidificación y tamaño. [12]

También existes diversas tecnologías mediante las cuales podemos realizar esta función de reducir la humedad, las más comunes son:

5.2.1. Deshumidificadores desecantes

Los deshumidificadores desecantes se basan en el uso de materiales como la sílice en gel o el cloruro de calcio, con cualidades desecantes, lo que da nombre a esta tecnología. Un material desecante es aquel que absorbe la humedad del ambiente debido a que la humedad del aire al entrar en contacto con él hidrata al material, reteniendo la humedad dentro de este y por tanto disminuyendo la humedad del aire.

Si bien es cierto que no son tan eficientes como otras tecnologías y requieren de mayor mantenimiento, ya que es necesario intercambiar los materiales desecantes tras ciertas horas de uso. Es una tecnología silenciosa y muy útil a bajas temperaturas. En muchos casos estos aparatos son de pequeño tamaño, lo que permite que puedan ser introducidos en diversos habitáculos y en muchos casos su implementación puede realizarse sin provocar grandes daños visuales. [12]

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 36: Fotografía de deshumidificador desecante. Fuente: Página oficial de Charmex S.A.

5.2.2. Deshumidificadores refrigerantes

Estos deshumidificadores se basan en el uso de un ciclo térmico, similar al de una máquina de aire acondicionado. Consisten en un sistema compuesto por evaporador y condensador. Se basa en el uso de intercambiadores de calor que tienen la función de bajar la temperatura hasta el punto de condensación del vapor de agua, donde esta se condensará, quedando solo el agua, que se asentará en un depósito.

El resultado de este proceso es que el aire sale seco del aparato y el agua se queda en un depósito, por lo que se reduce la humedad del ambiente.

Este proceso es bastante eficiente y por su naturaleza permite trabajar en superficies mayores y deshumidificar mayores cantidades de aire. Es por esto por lo que suelen ser los más utilizados, si bien es cierto que requieren de un mayor espacio y pueden ser ruidosos. [12]



Figura 37: Fotografía de deshumidificador refrigerantes. Fuente: Página oficial de HBM Machines.

5.3. Inyecciones químicas

En la actualidad existe un método contra la humedad consistente en inyectar un producto químico en un muro vertical con la función de evitar el aumento de la humedad por capilaridad en el muro aplicado.

Este método se basa en la realización de diversas perforaciones en el muro, en las cuales se realizan inyecciones de un producto hidrófugo que tiene capacidad para repeler el agua que compone la humedad. Este producto crea una barrera contra la humedad por capilaridad, debido a que el agua ascendente de este tipo de humedad queda repelida por el producto y, por tanto, evita, o al menos frena, el ascenso de la humedad por la pared.

El proceso para la realización de este método consiste primeramente en una limpieza y retirada de yesos u otras capas de pintura que tuviera la pared, dejándola a ladrillo visto, para proseguir con la realización de perforaciones de 12 milímetros de ancho o diámetro, dependiendo de la forma con la que se realizase la perforación, siendo la más común la forma redonda, debido a las brocas utilizadas para perforar. Estas perforaciones se realizan cerca del suelo, de 5 a 15 centímetros por encima del mismo y con una distancia entre perforaciones de entre 10 y 15 centímetros. Es conveniente realizar las perforaciones en ángulo para asegurar la correcta distribución del producto en las mismas, normalmente se realizan con un ángulo entre 25 y 45 grados. Todos estos valores numéricos dependen principalmente de las especificaciones del fabricante del producto químico. Posteriormente se aplica el químico utilizando un embudo o jeringa asegurándose que se rellenan los agujeros realizados. Después de este proceso se esperan unos días, dependiendo de las indicaciones del fabricante para cada producto, y se enlucce y pinta la pared con normalidad. [13]

Este proceso, si bien ha demostrado su eficacia en diversos estudios, la cuantificación de esta no es siempre la misma, ya que esta depende de muchos factores. Dependiendo del material, ancho de muro, producto utilizado y condiciones tanto interiores como exteriores, obtendremos mejores o peores resultados. Si bien podemos asegurar que el uso de este proceso es eficaz contra la humedad por capilaridad. [14]

Para este caso concreto, en nuestra ermita tenemos una ventaja y un inconveniente. El inconveniente es que, al ser un muro de gran anchura podría verse reducida la eficacia de este tipo de productos.

La ventaja es la existencia de la celosía de madera por lo que los frescos empiezan a una altura mayor a la que se realizarían las perforaciones, permitiendo así la instalación de los productos sin dañar ninguno de los frescos. [8]

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 38: Fotografía de proceso de inyección química usando pistola de cartuchos de sellado. Fuente: Página oficial de DRYZONE.



Figura 39: Fotografía de producto para inyección química. Fuente: Página oficial de Sika.

5.4. Impermeabilización de cubiertas

Este proceso uno de los más indirectos para luchar contra la humedad, esto se debe a que no se está eliminando la humedad de un muro o modificando las condiciones interiores evitando que se produzca la humedad.

No por ello es menos importante a la hora de evaluar las soluciones, ya que en muchos casos las humedades se producen por filtraciones provenientes de las cubiertas del edificio.

El proceso consiste en el uso de capas impermeabilizantes que se aplican mediante diversos métodos. Estas capas, que pueden ser tanto líquidas, como proyectadas o aplicadas en finas láminas, están compuestas de diversos materiales, como poliolefinas, caucho proyectado o resinas acrílicas. Estos materiales evitan que el agua de lluvia acceda, mediante un proceso de filtración, al interior del edificio, produciendo humedades y en casos más extremos, goteras. [15,16]



Figura 40: Fotografía de una cubierta en la que se ha aplicado un producto impermeabilizante.

Fuente: Página oficial de Würth.

5.5. Impermeabilización de fachadas

La impermeabilización de fachadas es un proceso muy similar a la impermeabilización de las cubiertas.

La función de ambos procedimientos es, como se ha indicado anteriormente, crear una barrera de protección para proteger al edificio. En este caso el producto se encarga de proteger la fachada del edificio creando una capa que evita que la humedad exterior, las lluvias y viento con rocío penetren en los muros.

Los productos que existen en el mercado se basan en emulsiones de resina de silicona, polímeros y productos elastómeros, entre otros. Existen diversos formatos de aplicación de estos productos siendo el más común el uso de impermeabilizantes líquidos.

Este procedimiento se aplica al igual que se realizaría el pintado de la fachada. El procedimiento es el mismo, ya que se aplica mediante el uso de rodillo o pistola. [17]



Figura 41: Fotografía del proceso de aplicación de un producto impermeabilizante en fachada.

Fuente: Página oficial de Antihumedades.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

6. Anexo V: Métodos para la detección de humedad

La humedad es un fenómeno físico que no siempre es fácil de detectar, en muchas ocasiones no es posible observar la humedad en sí misma, si no los efectos que esta produce en los muros.

En nuestro caso, los efectos de la humedad se pueden observar a simple vista, es debido a esto por lo que se realiza este trabajo, pero en muchos casos, en la pintura, yeso u otros materiales de obra, no es tan sencillo detectar la humedad.

Se puede ver, por tanto, aunque solo en algunos casos, la existencia de la humedad, pero no la cuantificación de esta. Se sabe que hay humedad, pero no cuanta y muchas veces no se conoce por dónde se extiende esta.

Es por esto por lo que existen diversos métodos para poder detectar la humedad, desde algunos más sencillos o rudimentarios hasta aparatos de alta tecnología.

Podemos hacer varias clasificaciones, pero principalmente la mayoría de los autores y clasificaciones se basan en si el mecanismo de detección es o no dañino para el objeto a analizar. [18]

Por tanto, haremos la clasificación entre métodos destructivos y métodos no destructivos.

6.1. Métodos destructivos

Dentro de los métodos destructivos es posible clasificarlos en métodos destructivos directos y métodos destructivos indirectos. Los directos tienen esta denominación debido a que obtenemos directamente la cantidad de humedad que tiene el objeto a partir de la toma de la muestra, mientras que en los métodos indirectos se basan en reacciones químicas o eléctricas para conocer esta cantidad de humedad. [18]

6.1.1. Métodos destructivos directos

De entre los métodos destructivos directos el más utilizados es el método gravimétrico, este método es el que da los resultados más fiables cuando medimos la humedad, sobre todo en muros de ladrillo o piedra.

Este método se basa en determinar el contenido de una muestra mediante mediciones del peso de esta, después de realizar diferentes procedimientos. Conociendo los pesos y composición antes y después de, por ejemplo, un

proceso de evaporación del agua o precipitación de esta, podemos conocer el porcentaje de agua, y por tanto la humedad que posee la muestra. Dato que en muchos casos se puede extrapolar al objeto del que se ha realizado la muestra.

Para obtener qué porcentaje de humedad hay en una muestra, primero se pesa la muestra húmeda, tal y como la hemos obtenido y luego, tras el secado, se vuelve a pesar, obteniendo el resultado de la humedad que había en la muestra en porcentaje aplicando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{MH - MS}{MS} * 100$$

Ecuación 1: Obtención del porcentaje de humedad mediante el método gravimétrico.

Siendo:

MH: la masa de la muestra con humedad

MS: la masa de la muestra seca

Para tomar la muestra es necesario retirarla del objeto, en el caso de una pared habría que retirar una muestra de esta. Una ventaja es que este ensayo se puede realizar a distintas profundidades ya que si se perfora es posible obtener muestras de cierta profundidad de la pared. El inconveniente es el coste destructivo de tener que realizar esta perforación. [19]

Para nuestro caso consistiría en retirar una muestra del muro, dañándolo, por lo que esta opción es inviable para este trabajo, ya que no es posible realizar la muestra debido a que es un edificio histórico. Esta es una de las mayores desventajas de los métodos destructivos, que, como su nombre indica, producen una destrucción de aquellos elementos que queremos estudiar. Otra desventaja es que para realizar este procedimiento es necesario unas herramientas y materiales solo disponibles en un laboratorio, lo que hace a este ensayo bastante complejo y largo de analizar.

6.1.2. Métodos destructivos indirectos

Los métodos destructivos indirectos son aquellos por los que se puede conocer el contenido de humedad a partir de una muestra tras realizar un procedimiento a partir del cual es posible deducir, gracias a la aparición de otros elementos químicos o corrientes eléctricas, qué cantidad de agua había en la muestra.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

6.1.2.2. Método de electrodos

Este método se basa en la medida de la resistividad eléctrica, en el caso de un muro, mediante la colocación de electrodos en perforaciones realizadas en este. Al ubicar estos electrodos se cierra el circuito y un aparato de medida calibrado para ello mide la resistividad y mediante unas tablas y datos dependientes del material nos devuelve un dato de humedad. [18]

Para ubicar estos electrodos como se comentó anteriormente es necesaria la realización de perforaciones, lo que imposibilita la realización de este ensayo.



Figura 43: Sonda para medición de humedad. Fuente: Página oficial de Osaka Solutions.

6.2. Métodos No Destructivos

Los métodos comentados anteriormente no son realizables para nuestro estudio, ya que no se dispone del material para realizarlo ni de los permisos para tomar muestras.

Por tanto, será necesaria la aplicación de otros métodos que no conlleven una destrucción o daño de parte de los muros. Estos métodos, que no suponen daño alguno se conocen como métodos no constructivos.

Los principales métodos son los siguientes:

6.2.1. Método resistivo

Este método es muy similar al método destructivo mediante electrodos que fue comentado anteriormente, este método se basa en la medición de la resistencia eléctrica de cierto material, la cual depende del grado de humedad y mediante tablas de conversión preinstaladas en el instrumento de medida, obtener este grado de humedad.

La diferencia es que actualmente existen instrumentos que no necesitan de realizar perforaciones en la pared, el mero contacto de los electrodos con el objeto, en nuestro caso el muro, es suficiente para cerrar el circuito y, por tanto, obtener una medición de humedad del muro.

Por ello, se considera que, al no tener que realizar perforaciones y simplemente tener que apoyar la herramienta en el muro, este método es no destructivo. [21, 22]



Figura 44: Medidor de humedad PARKSIDE PMSHM2 A3 Fuente: Página Oficial PARKSIDE.

6.2.2. Método capacitivo

Se basa en el aumento de la constante dieléctrica del material a analizar cuando este se humedece. Esto se mide mediante la capacidad de un condensador que hará la función de núcleo de medición.

Dependiendo del dieléctrico, que es el material que se encuentra entre las placas del condensador, varía la capacidad de este. Por tanto, utilizando el material a analizar como dieléctrico y teniendo el aparato en cuenta los valores de capacidad que proporcionaría el elemento en seco, se puede realizar una medición del porcentaje de humedad del material debido al porcentaje de variación de la capacidad del condensador. [21]



Figura 45: Medidor de Humedad Capacitivo. Fuente: Página oficial de RS.

6.2.3. Método por microondas

Este método se basa en el uso de ondas microondas para medir la permitividad del material que estemos analizando. La permitividad es la capacidad de un material para verse afectado por un campo eléctrico. El aparato de medida emite microondas las cuales dependiendo de la permitividad del material serán reflejadas por éste en mayor o menor medida. Dependiendo de la señal que el material nos devuelva, mediante un sistema de tablas que viene preinstalado en el aparato será posible conocer la humedad que tiene el elemento medido.

Este sistema permite conocer la humedad a cierta profundidad en el muro debido a que puede penetrar hasta los 30 cm. [23]



Figura 46: Medidor de Humedad mediante microondas. Fuente: Página oficial de PCE Instruments.

6.2.4. Método por ultrasonidos

Este ensayo se basa en el efecto piezoeléctrico de ciertos materiales como el cuarzo. El efecto piezoeléctrico se basa en que ciertos materiales cuando reciben una corriente eléctrica sufren muy pequeñas deformaciones provocando unas pequeñas ondas conocidas como ultrasonido. Este efecto es bidireccional, es decir, si el material recibe corriente eléctrica este sufrirá las deformaciones y producirá la onda, pero si recibe ondas este podrá devolver una señal eléctrica.

Los instrumentos que se basan en esta tecnología están compuestos por un palpador que es el encargado de mandar y recibir las ondas de ultrasonido y un aparato encargado de tratar la información obtenida por este medidor.

Primeramente, es necesario calibrar el aparato para cada uno de los materiales debido a que no todos se comportan de igual manera frente a los ultrasonidos, hay materiales en los cuales penetra más fácilmente que en otros. Una vez realizado este ajuste o calibración se procede a colocar el palpador en la superficie del material a analizar. Cuando las ondas chocan con el borde opuesto del material, estas son reflejadas y vuelven al palpador quien recibe la señal teniendo en cuenta unas pequeñas pérdidas.

En caso de que exista una perturbación en esta pieza o material que se está analizando, parte de las ondas producidas en el palpador serán reflejadas o absorbidas hacia otras direcciones y por tanto el palpador recibirá una cantidad considerablemente menor de ondas, indicando así que existe una perturbación.

En este caso esta perturbación será la humedad que se está analizando, por tanto, si analizando una superficie, por ejemplo, de un muro se observa que en la mayoría de las zonas nos devuelve las sondas que hemos emitido y en una

de ellas existe una disminución notable de la cantidad de ondas recibidas, es sensato suponer que en ese muro hay una perturbación que puede ser debida a la humedad.

Este sistema es muy útil ya que permite conocer humedades en el interior del muro a estudiar, pero uno de los inconvenientes es que existen otro tipo de perturbaciones que no son debidas a la humedad y que pueden ser detectadas por este mismo procedimiento, por lo que es muy importante conocer qué estamos estudiando, qué se puede encontrar y qué medición se busca usando con este procedimiento. [24]

6.2.5. Termografía infrarroja

Este sistema de medición que se explicará de manera más detallada y profundizada posteriormente consiste en la reflexión de radiaciones infrarrojas que el objeto a analizar nos devuelve y con ellas realizar un estudio de temperatura.

El aparato más común para realizar este tipo de ensayo es la cámara termográfica. Esta cámara basa su funcionamiento en un emisor y receptor de radiación infrarroja. La cámara envía al objeto radiación infrarroja la cual será emitida de vuelta por el objeto proporcionando datos sobre la temperatura de éste.

Este aparato puede realizar mediciones tanto cualitativas como cuantitativas, ambas muy útiles para primeramente detectar la humedad y posteriormente conociendo las temperaturas que se dan saber qué mecanismo y procedimientos se puede realizar para tratarlas.

Las cámaras disponen de un software que permitirá analizar los datos obtenidos en la medición y poder realizar conclusiones.

La información obtenida a partir de la cámara se basa solamente en los datos de la superficie del objeto a analizar.

En el caso del análisis de humedades, lo que se debe buscar con la cámara son las zonas frías, esto se debe a que una pared con humedad tiene un contenido de agua en su interior que debido a las condiciones exteriores e interiores de, en nuestro caso, un muro, tiende a evaporarse, y obteniendo la energía para su evaporación de la zona donde se encuentre. Si en uno de los muros se encuentra una zona donde la temperatura sea menor podría constituir caso de humedad. [22]

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 47: Cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de FLIR.

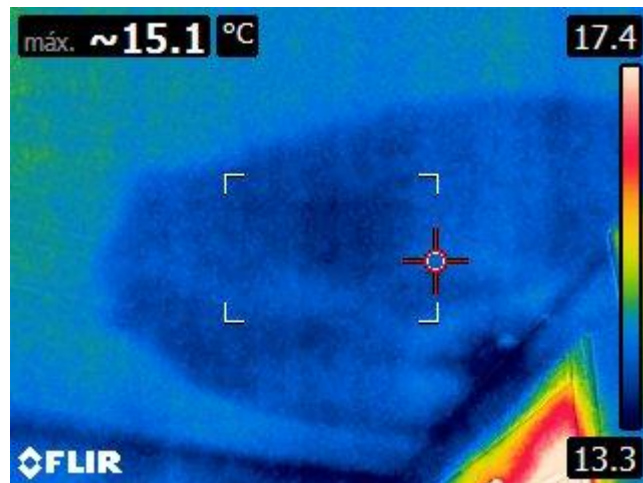


Figura 48: Fotografía de Humedad por filtración mediante el uso de cámara termográfica.

Fuente: Página de Hume Ingeniería.

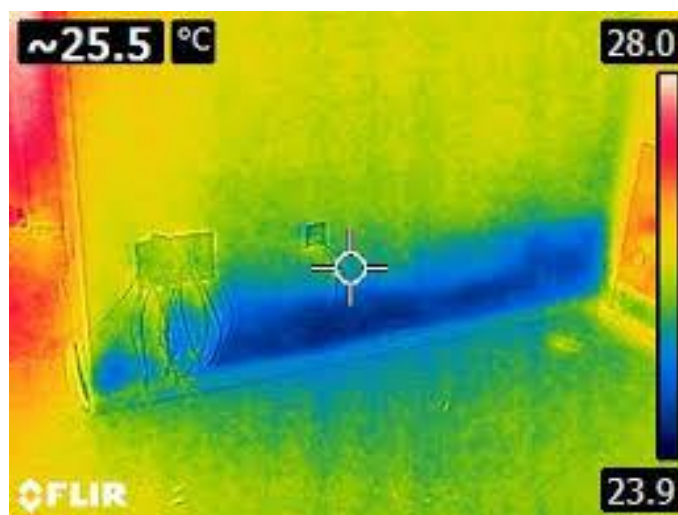


Figura 49: Fotografía de Humedad por capilaridad mediante el uso de cámara termográfica.

Fuente: Página de Hume Ingeniería.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

6.2.6 Estudio psicrométrico

El estudio psicrométrico permite conocer la existencia de humedades debido a la condensación. Si se estudia un entorno y sus condiciones tanto de temperatura como de humedad se pueden realizar diferentes análisis sobre la posibilidad de la existencia de estas condensaciones.

Por ejemplo, el interior de la ermita que se va a estudiar, dependiendo de la temperatura y la humedad relativa que haya en el interior de esta existirá una mayor o menor posibilidad de que en los muros se produzca una condensación. Si estos muros se encuentran a una baja temperatura el vapor de agua en forma de humedad que se encuentra en el aire de la ermita, al ponerse en contacto con el muro se enfriará hasta una temperatura que será menor a la temperatura de punto de rocío del agua para esas condiciones y por tanto el agua en estado de vapor pasará al estado líquido provocando las humedades por condensación. [25]

Por tanto, también es importante conocer las condiciones interiores y exteriores de la ermita.

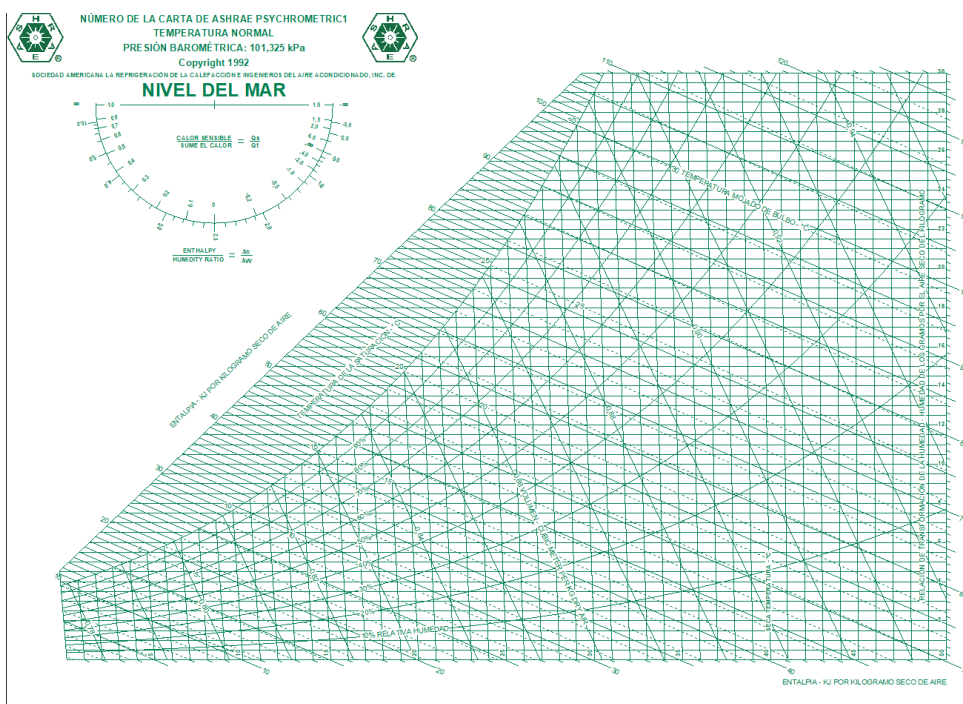


Figura 50: Diagrama psicrométrico. Fuente: ASHRAE.

En este diagrama aparecen diversas zonas de trabajo, en este caso, existen diversos criterios sobre cuáles son las condiciones óptimas en las cuales se deben mantener las obras de arte.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Si se analiza el Manual de seguimiento y análisis de condiciones ambientales del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del año 2014 se indica que la norma no proporciona valores fijos de condiciones interiores en los que mantener las obras de arte. [26]

Con respecto a la seguridad y salud de los lugares de trabajo el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, indica una temperatura interior entre los 17°C y los 27°C y una humedad relativa interior que varía entre el 30% y el 70%.

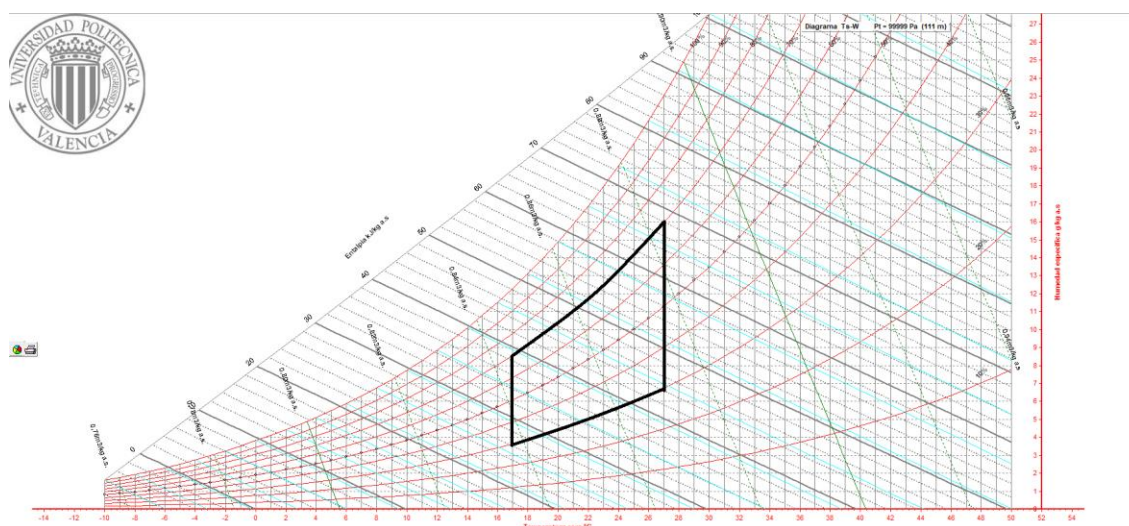


Figura 51: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el Real Decreto 486/2017. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.

Si se observa el RITE, se indica que para el invierno la temperatura interior se debe encontrar en un rango entre los 21°C y los 23°C y la humedad relativa entre el 40% y el 50%.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

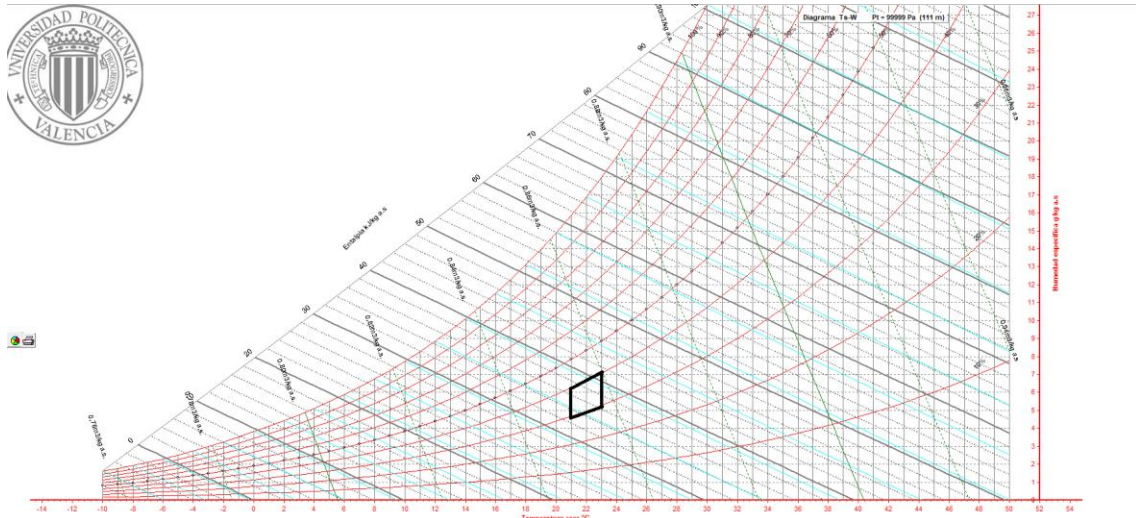


Figura 52: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el RITE para invierno. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.

Para el verano la temperatura debe oscilar entre los 23°C y los 25°C y la humedad entre el 45% y el 60%.

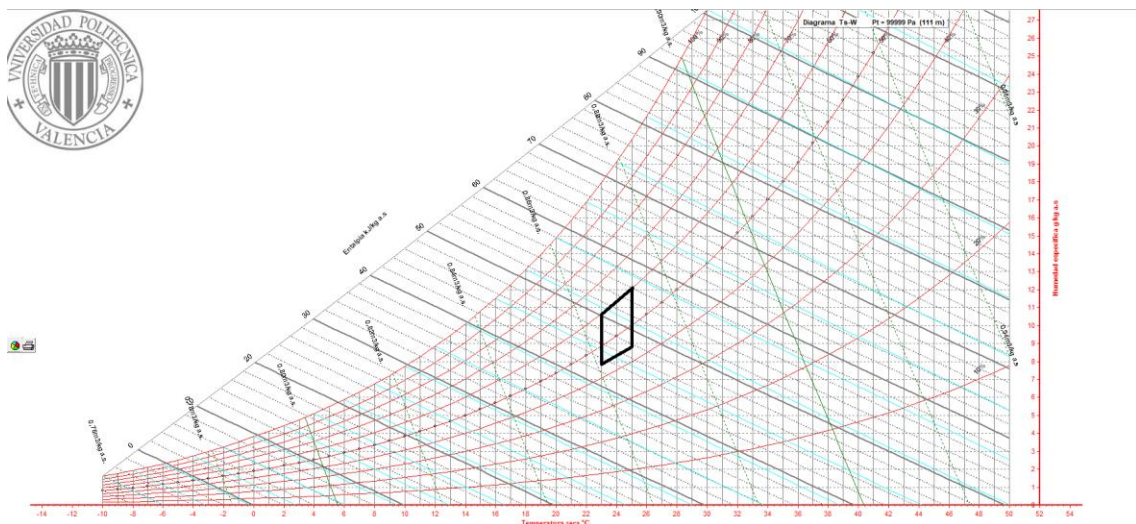


Figura 53: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por el RITE para verano. Fuente: Realización propia con el uso del programa Clima.

Según otros sitios especializados como la empresa HITACHI y la aseguradora HISCOX, las condiciones de temperatura deben situarse entre los 17°C y los 20°C y las de humedad entre el 40% y el 65%. [27,28]

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

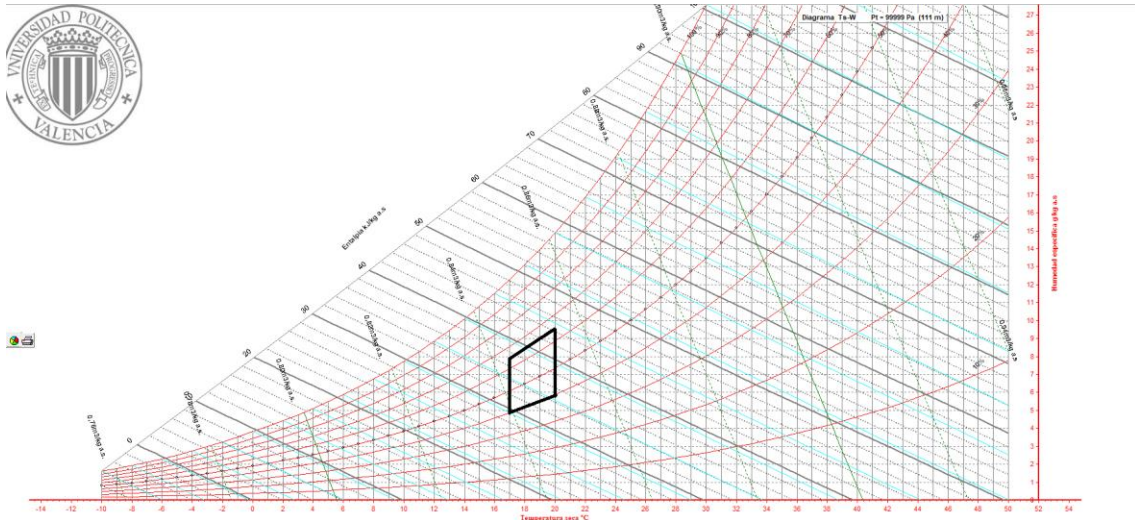


Figura 54: Diagrama psicrométrico marcando la zona del rango de temperatura y humedad recomendada por empresas especializadas. Fuente: Realización propia con el uso del programa *Clima*.

Cualquiera de estas casuísticas, especialmente la última permitirá una correcta conservación de los murales de la ermita, si bien es cierto que sería necesario, por comodidad de los asistentes, acercarse a los valores del RITE lo máximo posible.

Si bien es cierto que documentos como el RITE se basan principalmente en las condiciones de confort térmico, estas condiciones, son similares a las condiciones en las cuales se disminuye el riesgo de aparición de humedad.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

7. Anexo VI: Estudio termográfico

7.1. Definición de termografía infrarroja

La termografía infrarroja es una técnica que consiste en la obtención de imágenes mediante la medida de la radiación infrarroja que emiten los objetos. Permite conocer el comportamiento térmico de la superficie de los objetos. Esta técnica permite la toma de medidas a distancia, sin la necesidad de acercarse al objeto, lo que añade seguridad tanto para nosotros como para, en este caso, el objeto.

Con la termografía infrarroja es posible conocer la distribución de temperaturas de un objeto, lo que permite detectar el calentamiento o enfriamiento de ciertas partes o zonas del objeto. Estos procesos podrían causarse por efectos anómalos a los que naturalmente ocurren en el objeto.

Gracias a estas imágenes se puede medir en varios puntos la temperatura del objeto utilizando una sola imagen. Se obtendrá un dato térmico por cada uno de los píxeles de la imagen.

Una cámara termográfica es el dispositivo que permite la toma de estos datos, ya que convierte la radiación infrarroja en la imagen. Mediante la traducción a píxeles de la radiación infrarroja en los diversos puntos del objeto, se obtiene una imagen donde ver la temperatura y su distribución.

Los resultados dependen tanto del tamaño de la imagen, como del detector de la cámara. A más píxeles tiene la cámara, mucha más precisión de las temperaturas ya que menores son las superficies donde se está midiendo.

La cámara simplemente ofrece esta imagen de la distribución termográfica de aquello que se quiere analizar, pero es fundamental el correcto conocimiento por parte del operador de aquello que se está analizando.

Esta tecnología no es invasiva y por tanto no producirá daño alguno a los muros y frescos de la ermita. Al igual que una cámara convencional la toma de datos es en tiempo real y la imagen tomada solamente muestra un instante de tiempo.

Estas imágenes obtenidas mediante este procedimiento se conocen como imágenes radiométricas ya que se puede obtener de cada píxel de la imagen información sobre la radiación que recibe, temperatura, etc... [29]

7.2. Mecanismos de transmisión de calor

7.2.1. Conducción

Se da en el interior y superficie de los cuerpos sólidos cuando la energía en forma de calor producida es mayor a la disipación de calor del cuerpo, transmitiéndose el calor a lo largo de este. [30]

7.2.2. Convección

Se da en los fluidos debido al transporte del calor en zonas del fluido con diferentes temperaturas. [30]

7.2.3. Radiación

Se da en la superficie final de un cuerpo, basada en la radiación térmica que este cuerpo, al tener mucho calor o temperatura, produce.

El único tipo de radiación capaz de transmitir calor es la radiación térmica, estas ondas electromagnéticas se encuentran en la zona visible e infrarrojas del espectro electromagnético. En el caso de la cámara termográfica, las ondas electromagnéticas a utilizar serán las infrarrojas, de ahí que el nombre de la técnica sea termografía infrarroja. Es posible, por tanto, conocer el comportamiento térmico y temperatura de la superficie de cualquier objeto. La radiación se basa en un proceso de intercambio electromagnético por emisión y absorción con el medio.

Las ondas electromagnéticas infrarrojas se comportan de manera similar a la energía que emite y absorbe el objeto. Cuando el objeto emite energía, pierde energía y cuando absorbe gana. La radiación que llega a la cámara será la que emite el objeto que estamos observando junto con la que este objeto refleja. El color del cuerpo a estudiar no influye a la hora de tomar mediciones ya que la intensidad infrarroja es independiente a este. En caso de interiores, como es el este caso, no va a depender del calor que absorba un color u otro, ya que las condiciones interiores no son lo suficientemente significativas en cuanto a absorción de radiación de energía solar se refiere.

A mayor radiación emitida por un cuerpo, menor radiación reflejará este.

La radiación infrarroja de las cámaras se transmite de forma adecuada en el aire de la atmósfera lo que permite su uso para este tipo de análisis. [30]

7.3. Funcionamiento de una cámara termográfica, ecuación de Stefan-Boltzmann

La cámara termográfica va a obtener radiación debido a dos mecanismos, el primero es la emisión de radiación propia del objeto, y el segundo la radiación reflejada por el objeto proveniente de otras fuentes de calor. También hay que tener en cuenta las pérdidas producidas y la distancia entre la cámara y el objeto, ya que, entre ambos, hay una distancia, en la que se encuentra, como es normal, la atmósfera y esta producirá pérdidas. El efecto atmosférico puede ser compensado mediante la realización de un ajuste de la cámara.[29,30]

Con la radiación que le llegue a la cámara, se formará una imagen en la que cada píxel es un elemento de información de la radiación.

Al estar trabajando con sólidos que son opacos a la radiación, la radiación que el cuerpo absorbe de fuentes cercanas calentará el cuerpo y esta radiación será emitida junto con la propia radiación del cuerpo. Esto quiere decir que lo que el cuerpo puede absorber es lo mismo a lo que puede emitir. La radiación reflejada será, tras la configuración adecuada, descontada por la cámara, obteniendo como resultado final la radiación emitida por el objeto.

La cámara traduce la información de cada uno de los píxeles a temperatura aplicando la ley de Stefan-Boltzmann, para un cuerpo negro:

$$W_{CN} = \sigma * T_e^4$$

Ecuación 2: Ley de Stefan-Boltzmann.

Donde:

W_{CN} es la radiación emitida por el cuerpo negro.

σ es la constante de Stefan-Boltzmann ($5,67*10^{-8}$ W/m²K⁴).

T es la temperatura de la superficie.

Si despejamos la temperatura la ecuación queda como:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{W_{CN}}{\sigma}}$$

Ecuación 3: Temperatura a despejada de la Ley de Stefan-Boltzmann.

Pero como se puede ver, la ecuación se aplica a los cuerpos negros, cuerpos que se consideran como emisores perfectos y que emiten la radiación máxima posible. Es evidente que no se analiza un cuerpo negro, por tanto, habrá que

realizar otra corrección en función de la capacidad del cuerpo para emitir radiación.

Este factor de corrección se conoce como emisividad y es la relación de la radiación que emitiría el cuerpo real con respecto al cuerpo negro.

$$W_{CR} = \varepsilon * W_{CN}$$

Ecuación 4: Relación entre emisiones de cuerpo real y emisiones de cuerpo negro.

Donde:

W_{CN} es la radiación emitida por el cuerpo negro.

ε es la emisividad.

W_{CR} es la radiación emitida por el cuerpo real.

La emisividad es un número adimensional entre 0 y 1 y es proporcional de una magnitud conocida como reflectividad de manera inversa, si respecto a 1, la emisividad es de 0,8, la reflectividad será de 0,2. Lo que no es emitido es reflejado.

Conociendo la emisividad, es posible conocer la temperatura del cuerpo, usando la cámara termográfica, con gran precisión. Para el estudio se va a aplicar una emisividad de 0,9, valor común para pinturas y muros. [31]

7.4. Características de una cámara termográfica

- Resultados precisos, exactos y reproducibles.
- Detector (elemento que recibe la radiación infrarroja) de alta resolución.
- Baterías intercambiables.
- Formato estándar y radiométrico a la hora de la toma de medidas.
- Uso de cámara visual con un iluminador de objetivo integrado.
- Que tenga un software actualizado para el tratamiento de las imágenes y se permita la fusión entre estas.
- Amplio rango de temperaturas de funcionamiento y detección. [32]

7.5. Condiciones para realizar una medición de temperatura con cámara infrarroja

Para realizar la medición de una temperatura con una cámara infrarroja:

- Realizar la medida en sólidos opacos a la radiación infrarroja
- Proporcionar datos de emisividad y cantidad de radiación reflejada (en algunos fabricantes se le denomina temperatura aparente reflejada).
- Compensar el efecto de la atmósfera en la medida.
- Trabajar con emisividades altas, mayores a 0,8.

Los parámetros de objeto son la emisividad, la temperatura aparente reflejada y los valores atmosféricos como distancia, temperatura atmosférica y humedad relativa. Sin estos datos las temperaturas que mide la cámara son aparentes. Una vez introducidos estos datos, se considera que la temperatura medida es real y la incertidumbre es de 2°C, aunque normalmente es mucho menor.

7.6. Toma de imágenes

A la hora de realizar la toma de imágenes es fundamental tener en cuenta varios aspectos, que permitan que la toma de datos sea lo más correcta y exacta posible para optimizar el proceso de toma de datos, evitando que haya que repetir las mediciones para el mismo conjunto de datos.

Una buena toma de datos va a permitir un mejor análisis ya que si las imágenes y datos obtenidos con termografía son buenos, gracias al software de análisis de estos datos, se podrán obtener una gran cantidad de datos y con el software realizar diversos análisis a partir de una misma imagen.

Para la toma de imágenes es fundamental, que el termógrafo, es decir, el operario que maneja la cámara y toma los datos, tenga una buena base en cuanto a conocimientos teóricos. Es necesario entender todos los aspectos implicados en la toma de datos, como los materiales o la atmósfera, así como conocimientos de los diferentes mecanismos de transmisión de calor, el proceso de toma de datos y el funcionamiento de la cámara.

La elección de la cámara termográfica es fundamental para la toma de datos. En la actualidad, la mayoría de las empresas comercializan cámaras que se denominan LW (onda larga), que emite una radiación entre 7 y 14 micrómetros y SW (onda media y onda corta), que emiten una radiación entre 2 y 5

micrómetros pero que se aplican en una menor cantidad de sectores. Por tanto, es necesario elegir la cámara adecuada para cada estudio, no todas las cámaras son útiles para todas las medidas. Debido a su precio y accesibilidad, el tipo de cámara más usado en multitud de sectores es la de onda larga. [33]

Es fundamental para una cámara termográfica su resolución óptica. Como ocurre también en cámaras convencionales, a mayor resolución mejor, aunque muchas veces para la aplicación a utilizar no será necesario cámaras de grandes resoluciones, que, además, son de precio muy elevado. Se debe tener en cuenta el tamaño de los píxeles ya que cada uno de ellos es un dato termográfico.

El rango de temperatura es fundamental, de ahí el conocimiento del operario. El rango de temperatura es una horquilla de datos con temperatura máxima y mínima que hay que elegir con conocimiento, ya que, si una temperatura que medida queda fuera de este rango, no será posible conocerla o tener garantía alguna de ella.

La toma de las imágenes es uno de los momentos más críticos en este procedimiento, se debe evitar que las imágenes se tomen con mucho ángulo, ya que esto alteraría la emisividad obtenida por la cámara, debido a que la radiación no llegaría de forma correcta a la cámara. También, como en la fotografía convencional es necesario tener en cuenta el enfoque y posición. Será necesario tener en cuenta los reflejos, más aún el reflejo que proyecta la superficie cuando sobre esta incide una fuente de luz o calor.

La mayoría de las cámaras termográficas permite además la realización de fotografía convencional, que permite un mejor análisis ya que se pueden conocer a que estamos apuntando exactamente con la cámara, algunas incluso poseen un puntero laser.

Con estas mediciones se han de obtener zonas frías y calientes en una misma imagen, la distribución de estas y su correcto análisis será lo que permita conocer lo que ocurre en el objeto a analizar. A veces es necesario encontrar las zonas frías y en otros casos las zonas calientes. Para el caso de humedades, hay que encontrar las zonas frías, debido a que la evaporación del agua de la humedad del muro enfría la zona donde esta se encuentra.

Como es entendible, es necesario que las imágenes sean comprensibles, muchas veces, para personas ajenas al campo de la termografía. [29,34]

7.7. Tipos de mediciones

Existen dos tipos de mediciones:

- Cualitativas, cuya función es encontrar y ubicar anomalías.
- Cuantitativas, cuya función es medir la temperatura de la anomalía.

Para la medida cualitativa se debe tener en cuenta:

- Rango: Temperatura máxima y mínima que es capaz de medir la cámara. Fuera de este rango la cámara no nos asegura el valor obtenido. Este valor es ajustable.
- Campo y ajuste térmico: Rango de temperatura que la cámara capta en un instante concreto. También es ajustable mediante el ajuste térmico.
- Paleta de colores.

Para la cuantitativa habrá que tener en cuenta datos como la emisividad del objeto, condiciones atmosféricas, etc....

7.8. Trabajo de campo

A la hora del trabajo de campo en la toma de datos es necesario tener un conocimiento básico sobre aquello que estamos midiendo, así como su estado “habitual” con respecto a la temperatura, con la intención de conocer con mayor facilidad las anomalías y saber distinguirlas del estado común de ese objeto.

La configuración de la cámara es también fundamental para un correcto estudio, así como la realización de imágenes térmicas y reales simultáneamente mediante el propio uso de la cámara.

También es necesario medir la humedad y temperatura ambiental para una posible configuración de la cámara que permita una correcta toma de datos.

Como se comentó anteriormente es importante la correcta elección del enfoque, distancia y rango correctos para la toma de imágenes.

La elección de una paleta de colores adecuada es también importante para una mayor facilidad a la hora de comprender aquellos que se está analizando. Esto combinado con un ajuste térmico correcto permite ver con rapidez las anomalías.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

8. Anexo VII: Toma de datos

8.1. Procedimiento de toma de medidas en el lugar

Como parte fundamental de este trabajo, se van a realizar diferentes tomas de medidas de diferentes naturalezas a lo largo de varios días a varias horas.

Con los datos obtenidos, tras un análisis de estos, se podrán obtener resultados y conclusiones de la existencia o no de humedades en la ermita. Principalmente se realizarán 3 tipos de medidas, mediante el uso de diversos aparatos de medida.

La toma de estas medidas se realiza en la ermita, por lo que existen diversos condicionantes a los cuales están sujetas estas mediciones. El condicionante principal es el horario de la ermita. La ermita tiene un horario de apertura desde las 9:30 de la mañana hasta las 13:00 horas y por la tarde, desde las 15:30 hasta las 18:00 horas. Como se puede ver el horario es ajustado, ya que solo abre 6 horas diarias, por tanto, parametrizar las condiciones de la ermita se hace complicado, debido a que las condiciones meteorológicas no sufren grandes variaciones de medida en el horario de tarde, más aún tras el cambio de hora. También hay que tener en cuenta que no se puede realizar ninguna medición por la noche, hora importante para la formación de humedades debido a la disminución de la temperatura.

Otro factor fundamental que se debe tener en cuenta es el uso del edificio, así como la condición de monumento histórico para la ciudad de Vélez-Málaga. Es por esto por lo que es complicado mantener una consistencia a la hora de tomar las medidas tanto en tiempo como en forma. La ermita recibe diariamente a muchas personas que la visitan por motivos religiosos o culturales, así como habitualmente, visitas guiadas.

Estas visitas dificultan en gran medida la toma de datos, principalmente la toma de fotografías con la cámara termográfica, debido a que las personas alterarían los resultados obtenidos mediante estas herramientas, ya que la temperatura corporal y emitida por los visitantes es tan grande comparada con la temperatura de los muros que no se podría realizar una comparación entre diversas partes del muro con estas fotografías. Es por esto por lo que en muchas situaciones no es posible realizar fotografías. También es evidente, que debido a que la ermita es tanto un lugar de culto como un monumento, la toma de datos tiene que ser lo más respetuosa y discreta posible, para no interferir en las actividades de los visitantes, si bien es cierto que ninguna de las herramientas emite luz o sonido molesto para un visitante, la naturaleza de estas medidas requiere normalmente de movimiento por la ermita, lo que puede resultar molesto para los visitantes.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

La existencia de las visitas, oficios religiosos, así como de actos de cofradías, en los que se abre la puerta principal de la ermita, varían los datos a obtener, debido al aumento sustancial de ventilación, así como de la variación de las condiciones interiores de esta, que se comenzarán a asimilar a las condiciones exteriores.

Es por todos estos motivos por los que, aunque se ha intentado homogeneizar los parámetros de la toma de resultados lo máximo posible, es decir, horario día y afluencia, es difícil cuadrar la realización de una toma de datos con los eventos y situaciones anteriormente mencionadas.

La toma de datos va a consistir en la realización de mediciones de las condiciones interiores y exteriores, toma de datos con un medidor de humedad en materiales y fotografías con cámara termográfica.

8.1.1. Mediciones psicrométricas

Las mediciones psicrométricas son parte fundamental del proceso de análisis de tipo psicrométrico para la detección de la humedad.

El procedimiento para la toma de datos consiste en el uso de un termohigrómetro y un termómetro láser con el cual se puede obtener la temperatura interior, exterior y de las paredes de la ermita.

Un termohigrómetro es un instrumento de medida que es capaz de medir varias variables psicrométricas del ambiente, como humedad relativa, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo o temperatura de punto de rocío. Se basa en dos termómetros, uno que consiste en un alambre que mide la temperatura de bulbo seco y otro, rodeado por una gasa o material que le permite obtener la temperatura de bulbo húmedo. Con estas dos medidas, el propio instrumento hace los cálculos necesarios para devolver datos como la humedad relativa. Con este aparato es posible conocer tanto las condiciones de temperatura como de humedad interior y exterior de la ermita.

Sólo es necesario tras una simple configuración, encender el aparato y en la pantalla este devolverá los valores deseados, comentados anteriormente.

Se ha decidido tomar los datos en cuatro zonas distintas de la ermita, concretamente en el centro, fondo, ala izquierda y ala derecha, que son las cuatro zonas accesibles al público más significativas. En cada una de las 4 zonas se ha decidido tomar los datos de temperatura y humedad relativa ambiente, con estos dos datos, si fuera necesario, se pueden obtener el resto de los datos de las condiciones psicrométricas del ambiente de la ermita.

También será necesario conocer la temperatura de los muros, esto se debe a que, conociendo la temperatura de la pared y el punto de rocío de las condiciones

ambientales, se podrá saber si se están o no produciendo condensaciones en los muros. Si la temperatura del muro es menor que la temperatura de rocío, se están produciendo condensaciones en ese muro, y por tanto humedades que dañan los frescos.

Para conocer esta temperatura se utilizará un termómetro infrarrojo, este termómetro utiliza la misma tecnología infrarroja que la cámara termográfica, pero con la diferencia es que este instrumento de medida solamente utiliza un haz de ondas que apunta a un punto concreto, en nuestro caso, la pared. Tras una configuración de la emisividad de la pared, la cual tomará un valor de 0,9, sólo será necesario apuntar con el termómetro a la pared y se obtendrá el resultado de la temperatura.

Con todos los datos obtenidos mediante esta toma de medidas será posible obtener, con el uso de cartas psicrométricas o programas de ordenador basados en estas todos los datos necesarios para realizar un análisis psicrométrico. A partir de los datos de humedad relativa y temperatura en bulbo seco, obtenidas mediante el uso de un termohigrómetro, se conocerá el valor de la temperatura de rocío.

Conociendo la temperatura de las paredes se podrá conocer si existe posibilidad de formación de rocío en esta. Con los datos de temperatura y humedad relativa del ambiente, se obtiene el valor de la temperatura de punto de rocío, si la temperatura del muro interior es menor a esta temperatura de punto de rocío, se producirán las condensaciones en los muros.

Además, con todos los datos obtenidos mediante este método se podrán realizar todos los análisis pertinentes.

Por todo esto, el procedimiento de esta toma de datos simplemente consistirá en la obtención de todos estos utilizando los instrumentos anteriormente mencionados.

Concretamente los instrumentos utilizados son el termohigrómetro Testo 625 y el termómetro infrarrojo RS RS-1327K.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 55: Imagen del termohigrómetro Testo 625. Fuente: Página oficial de Testo.



Figura 56: Termómetro Infrarrojo RS-1327K. Fuente: Página oficial de RS.

8.1.2. Toma de fotografías con cámara termográfica

Otra parte del estudio consiste en realizar una serie de fotografías mediante el uso de una cámara termográfica, para con ellas poder realizar un análisis exhaustivo de la temperatura de cada una de las partes de los distintos muros que componen la ermita.

Este procedimiento es muy utilizado en diversos sectores como industria, redes y cuadros eléctricos, detección de fugas y fallas, mantenimiento y, como es este caso, detección de humedad.

Como se mencionó anteriormente con la cámara se pueden conocer las distintas temperaturas que se encuentran en las diferentes zonas que componen la pared y, por tanto, realizar un análisis de la existencia o no de la humedad.

La intención de esta parte del estudio es detectar la existencia de zonas del muro en las que la temperatura sea menor que el resto de las temperaturas que se encuentran en él. Si esta disminución de temperatura es significativa, quiere decir que en esa zona existe una humedad activa en el momento, en la cual, el agua que compone la humedad del muro se encuentra evaporándose, lo que conlleva a la conclusión de la existencia de humedad.

La toma de estas fotografías se realiza en la propia ermita, primero será necesario realizar la toma de datos de temperatura ambiental interior, humedad relativa ambiental interior y la temperatura superficial de los muros interiores de la ermita.

Con estos datos, se debe comenzar por la configuración de la cámara, que consistirá en introducir el valor de las variables anteriormente mencionadas. También será necesario configurar la distancia hasta el muro, que se realizará aproximadamente debido a que la cámara incluye un láser que dará la distancia exacta entre la cámara y el punto al que se haya apuntado.

La cámara tiene distintos sistemas de fotografía, cámara térmica, fotografía digital y varios modos en los que se mezclan la fotografía digital con la fotografía térmica obtenida. También incluye diversas paletas de color consistentes en diversos rangos cromáticos, las cuales suelen utilizarse para diversas aplicaciones, en este caso, se usará la paleta más conveniente para este análisis.

Una vez configurada la cámara se deberá enfocar cuidadosamente, utilizando objetos como referencia y se comenzará con la toma de fotos en los muros de la ermita.

Es necesario tener en cuenta a la hora de la realización de fotografías la existencia de diversas fuentes de calor como pueden ser luces o aparatos eléctricos, debido a que estos aparatos producen calor por sí mismo y pueden variar los datos y resultados obtenidos por la cámara.

En este estudio las fotografías se realizan con una cámara termográficas FLIR E75.



Figura 57: Cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de FLIR.

8.1.3. Toma de humedad en los muros mediante conductividad

Como se comentó en el apartado de sistemas para la detección de humedades, en el mercado existen instrumentos basados en el método resistivo que, mediante la conductividad eléctrica, permite conocer la existencia o contenido de humedad de un objeto, en este caso, un muro.

Existen diversos instrumentos en el mercado, algunos permiten obtener datos cuantitativos, que permiten conocer exactamente el contenido de humedad, mientras que otros solamente permiten realizar un análisis cualitativo sobre la existencia o no de humedades.

En este caso el instrumento a utilizar es un instrumento que solamente realiza un análisis cualitativo de la existencia de la humedad, es decir, solo es posible saber cuándo hay mayor o menor humedad, si es que existe.

Este instrumento posee diversos modos de trabajo y medición basados en diversos materiales, entre los materiales a elegir se debe escoger el material más adecuado para los muros de la ermita, el cual debería ser la pintura, ya que la mayoría de la superficie del muro se encuentra pintada.

Debido a limitaciones del instrumento utilizado este no tiene función para pintura, pero sí tiene la función para el yeso, lo que permitirá obtener las medidas en aquellos lugares donde se encuentre las roturas en la pintura, ya que tras esta se encuentra una capa de yeso.

Esto limita el número de lugares donde tomar las medidas, debido a que en paredes donde no se encuentren zonas de pintura caída no será posible realizar este análisis.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Con respecto en la toma de medidas, solamente es necesario encender el aparato, configurado para el material adecuado y apoyar el instrumento en la pared.

El instrumento utilizado es un medidor de humedad PARKSIDE PMSHM2 A3, el cual incluye la siguiente table de materiales:



Figura 58: Medidor de humedad PARKSIDE PMSHM2 A3 Fuente: Página Oficial PARKSIDE.

Digito	Material	Rango de medición	Valores de referencia para humedad, representados en porcentaje, según el peso		
			seco	valor límite	demasiado húmedo
1	Abedul, haya, cerezo, alerce, picea, nogal	6–44 %	< 12 %	12–15 %	> 15 %
1	Roble, pino, arce, fresno, douglasia	6–44 %	< 15 %	15–20 %	> 20 %
2	Capa de cemento, hormigón	1,4–7,4 %	< 2 %	2–4 %	> 4 %
3	Bloque de anhidrita, yeso, placas de yeso	0,5–4,1 %	< 0,5 %	0,5–1 %	> 1 %
4	Mortero de cemento	1,2–5,1 %	< 2 %	2–5 %	> 5 %
5	Mortero de cal	0,6–3,7 %	< 2 %	2–3,5 %	> 3,5 %
6	Ladrillo	0,1–8,5 %	< 1 %	1–3 %	> 3 %

Figura 59 Fotografía del manual de la tabla de materiales del detector de humedad.

Fuente: Realización propia.

En este caso, para el análisis de la pared, como se observa, se va a utilizar el modo 3 para la capa de yeso.

Como se puede ver en la tabla, para estos materiales, el rango de medición se encuentra entre el 0,5% al 4,1%. Si la medición obtenida es menor al 0,5%, la pared se encuentra seca, por tanto, no existe en ese momento humedad en el muro, si la medición se encuentra entre 0,5% y el 1% está en un valor límite en el que puede existir humedad, no es una certeza, pero es indicativo de que esta puede encontrarse manifestada en el lugar en el que medimos y por tanto encontrarse húmeda la pared. Cuando el resultado es mayor al 1% significa que

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

el muro está muy húmedo y por tanto en ese momento existe mucha humedad en este.

En la zona de valor límite, a mayor es el número, mayor humedad o posibilidad de esta puede existir en el muro analizado.

9. Anexo VIII: Análisis de los datos obtenidos

9.1. Análisis de resultados obtenidos por métodos psicrométricos

Tras la toma de los datos se va a realizar un análisis sobre las condiciones de la ermita y existencia de humedad en esta.

Se han tomado los siguientes datos:

- Día y Hora.
- Temperatura ambiente Exterior en °C.
- Humedad relativa ambiente Exterior en %.
- Temperatura del muro exterior al sol en °C.
- Temperatura del muro exterior a la sombra en °C.
- Temperatura ambiente en el interior en el centro de la ermita en °C.
- Humedad relativa ambiente en el interior en el centro de la ermita en %.
- Temperatura ambiente en el interior en el ala derecha de la ermita en °C.
- Humedad relativa ambiente en el interior en el ala derecha de la ermita en %.
- Temperatura ambiente en el interior en el ala izquierda de la ermita en °C.
- Humedad relativa ambiente en el interior en el ala izquierda de la ermita en %.
- Temperatura ambiente en el interior en el fondo de la ermita en °C.
- Humedad relativa ambiente en el interior en el fondo de la ermita en %.
- Temperatura de todos los muros de la ermita en °C.

Estos datos no son un conjunto de datos recogidos en un laboratorio, esta labor de trabajo de campo hace que los resultados sean más irregulares con respecto a otros que podemos tomar, todo esto debido a las condiciones medioambientales, así como a las condiciones horarias y actividades realizadas, como se comentó anteriormente.

Es por esto por lo que el análisis de los resultados es principalmente cualitativo, ya que no podemos obtener relaciones numéricas de manera individual para los datos. Lo que sí se puede realizar es ciertos análisis numéricos de ciertos pares de datos y con ellos sacar algunas conclusiones.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Todos estos datos se pueden observar en las siguientes tablas:

Día	Hora	Condición especial	T. ^a ambiente exterior [°C]	HR ambiente exterior [%]	T. ^a muro exterior al sol [°C]	T. ^a muro exterior a la sombra [°C]
29/03/2025	9:30		22,3	32,2	20	14
	13:00	Puerta Abierta	22,1	29,7	20	14
		Puerta Cerrada	22,1	29,7	20	14
	15:40		22,1	29,7		
	16:10		23	45		
	20:30	Acto Puerta Abierta	23,5	22,8		
		Tras un rato	23,5	22,8		
30/03/2025	9:45		16,3	66,1	20,1	13,3
	10:15		17,4	52,3		
	10:30	Puerta abierta	17,4	52,3		
	10:45	Puerta abierta	17,4	52,3		
	11:00	Puerta abierta	17,4	52,3		
	11:10	Entra excursión y entorna puerta	17,4	52,3		
	11:30		18,1	46,9	20,7	13,1
	15:30		20,9	43,6	20	14,6
02/04/2025	16:25		20,6	40,1		
04/04/2025	9:30	Puerta abierta por limpieza en día lluvia	16,8	80,6	14,8	14,8
	10:17	Día Lluvia	17,1	79,2	17,1	17,1
	15:30	Día Lluvia	18	68,9	17,1	17,1
05/04/2025	9:30		17,1	60	15,2	17
	12:30		21,3	37,3	20,5	14,2
	18:15	Acto 10 Personas	23,1	40		
06/04/2025	9:40		16,6	53,4	15,7	11,5
	12:40		20,3	43,7	16,7	13,2
	15:30		23	33,6	23	20
08/04/2025	9:40		18,7	48,8	20,4	13,2
	15:40		29,6	33,8	20,4	12,9
09/04/2025	15:40		27,8	27,3	20,1	19,9
10/04/2025	16:45		20,3	50,9	20,3	19,9

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

11/04/2025	12:30		21,5	54,2	20,2	19,2
	15:40		22,6	55,5	21	21
12/04/2025	10:00	Día lluvioso	18,3	88,5	18,1	18,1
	12:30	Día lluvioso	19,6	81,7	18,3	18,3
	15:30	Día lluvioso	19,8	84,1	17,3	17,3
	17:15	Día lluvioso	18	80,3	17	17
13/04/2025	9:30		18,2	76,3	17,3	15,6
	15:40		22,3	65,4	19,9	19,2
15/04/2025	10:00		15,7	51,3	17,9	12,6
	15:40		21,2	40,1	16,7	16,7
16/04/2025	10:00		14,1	44,2	13,9	10,5
	15:40		19,9	30,8	20,5	16,9
17/04/2025	10:00		18,2	50,5	20	15,3
	15:40		23,4	44,2	25,3	13,3
20/04/2025	9:40		15,1	58,2	7,8	7,8
	15:40		19,1	46,5	22,2	20,9
22/04/2025	10:00		18,8	55,4	22,1	15
	15:40		23,2	41,3	24	22
23/04/2025	16:40		23,4	47,8	25,5	22,1
24/04/2025	17:00		25,3	26,3	28	24,1
26/04/2025	10:00		23,3	39,4	24,2	20,5
27/04/2025	10:00		21,3	55,1	23,5	17,2
27/04/2025	15:40		27,1	41,3	23,4	21,7

Tabla 12: Datos de temperaturas y humedad exteriores. Fuente: Realización propia.

Día	Hora	Condición especial	T. ^a ambiente interior centro [°C]	HR ambiente interior centro [%]	T. ^a ambiente interior ala derecha [°C]	HR ambiente interior ala derecha [%]
29/03/2025	9:30		21,8	48,1		
	13:00	Puerta Abierta	23,1	34,1		
		Puerta Cerrada	21,8	39,1		
	15:40		19,1	52,4	18,2	53,7
	16:10		18,6	52,4		
	20:30	Acto Puerta Abierta	22,3	35,6		
		Tras un rato	20,3	41		
30/03/2025	9:45		18,2	60,1	17,7	58,9
	10:15		18,1	58,1	17,7	57,7
	10:30	Puerta abierta	17,4	56,2		

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

	10:45	Puerta abierta	17,3	57,7		
	11:00	Puerta abierta	17,9	53,7		
	11:10	Entra excursión y entorna puerta	18,1	55,3		
	11:30		18,1	53,2		
	15:30		18,1	52,4	17,8	53,6
02/04/2025	16:25		18,7	58,5	19,9	55,6
04/04/2025	9:30	Puerta abierta por limpieza en día lluvia	17,6	76,3		
	10:17	Día Lluvia	17,5	78,7		
	15:30	Día Lluvia	17,7	73,8	17,7	73,8
05/04/2025	9:30		17,9	65,5	17,8	65,5
	12:30		22,1	53,8		
	18:15	Acto 10 Personas	24,5	42		
06/04/2025	9:40		17,7	60,8	17,7	60
	12:40		20,1	50,9		
	15:30		18,3	58,1	18,5	57,3
08/04/2025	9:40		18,1	62,3	17,8	62
	15:40		20,1	53		
09/04/2025	15:40		18,7	55,8	18,6	59,1
10/04/2025	16:45		20,3	56	19,3	58,5
11/04/2025	12:30		19,4	63,2	19,4	63,1
	15:40		18,7	63,3	18,7	65,6
12/04/2025	10:00	Día lluvioso	18,8	75,1	18,9	76,1
	12:30	Día lluvioso	21,1	68,2	20,5	68,4
	15:30	Día lluvioso	20,1	73	18,7	77
	17:15	Día lluvioso	18,6	77,9	18,5	77,9
13/04/2025	9:30		20	67,1		
	15:40		18,8	71,6	18,8	71,6
15/04/2025	10:00		18,9	58,9	18,3	60,7
	15:40		19,2	54,9	18,5	57,1
16/04/2025	10:00		16,1	47,3	16,8	47,5
	15:40		18,3	49,1	17,6	51,6
17/04/2025	10:00		18,2	59,1	18,1	58,3
	15:40		18,9	57,3	18,3	59,6
20/04/2025	9:40		17,6	53,6	17,5	55,1
	15:40		18,4	55,5	18,3	55,5
22/04/2025	10:00		18,7	58	18,4	59,4
	15:40		20,1	57,7		
23/04/2025	16:40		19,8	59,1	19,3	61,5

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

24/04/2025	17:00		19,6	53,1	19,2	54,7
26/04/2025	10:00		19,7	58,3	19,5	59,3
27/04/2025	10:00		20,4	57	20,4	58,2
27/04/2025	15:40		21,2	55,6	20,4	59

Tabla 13: Datos de temperaturas y humedad en el centro y ala derecha de la ermita. Fuente: Realización propia.

Día	Hora	Condición especial	T. ^a ambiente interior ala izquierda [°C]	HR ambiente interior ala izquierda [%]	T. ^a ambiente interior fondo [°C]	HR ambiente interior fondo [%]
29/03/2025	9:30					
	13:00	Puerta Abierta				
		Puerta Cerrada				
	15:40					
	16:10					
	20:30	Acto Puerta Abierta				
		Tras un rato				
30/03/2025	9:45		17,7	58,7	17,5	60
	10:15		17,6	58	17,4	60
	10:30	Puerta abierta				
	10:45	Puerta abierta				
	11:00	Puerta abierta				
	11:10	Entra excursión y entorna puerta				
	11:30					
	15:30		17,7	53,7	17,6	53,5
02/04/2025	16:25		19,2	58,7	18,5	60,1
04/04/2025	9:30	Puerta abierta por limpieza en día lluvia				
	10:17	Día Lluvia				
	15:30	Día Lluvia	17,7	74,1	17,9	73,2
05/04/2025	9:30		17,6	67,4	17,4	68
	12:30					
	18:15	Acto 10 Personas				
06/04/2025	9:40		18,8	57,2	18,2	58

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

	12:40					
	15:30		18,3	58,7	18,4	58,5
08/04/2025	9:40		17,7	62,2	18,1	61,2
	15:40					
09/04/2025	15:40		18,6	55,7	18,6	55,6
10/04/2025	16:45		19,6	56,5	19,8	56,4
11/04/2025	12:30		19,3	63,5	19	64,9
	15:40		18,8	65,5	18,6	63,4
12/04/2025	10:00	Dia lluvioso	18,6	73,8	18,4	70
	12:30	Dia lluvioso				
	15:30	Dia lluvioso	18,8	75,3	18,7	79
	17:15	Dia lluvioso	18,4	77,1	18,5	78,8
13/04/2025	9:30					
	15:40		18,8	72,3	18,8	72,2
15/04/2025	10:00		18,2	61,9	18,5	59,1
	15:40		18,4	57	18,5	55,5
16/04/2025	10:00		16,6	47,7	16,3	47,4
	15:40		17,6	51,5	17,6	50,7
17/04/2025	10:00		18,3	58,5	18,1	58,3
	15:40		18,4	59,7	18,6	58,5
20/04/2025	9:40		17,6	54,3	17,7	52,6
	15:40		18,1	56,8	18,5	54,7
22/04/2025	10:00		18,4	58,9	18,4	59
	15:40				20,3	57,3
23/04/2025	16:40		19	62,4	19,4	60,9
24/04/2025	17:00		19,2	53,6	19,4	53,8
26/04/2025	10:00		19,4	59	19,5	58,7
27/04/2025	10:00		20,4	58,5	20,3	58,7
27/04/2025	15:40		20,4	58,6	20,7	58,6

Tabla 14: Datos de temperaturas y humedad en el ala izquierda y fondo de la ermita. Fuente: Realización propia.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Día	Hora	Condición especial	T. ^a muro 1 [°C]	T. ^a muro 2 [°C]	T. ^a muro 3 [°C]	T. ^a muro 4 [°C]	T. ^a muro 5 [°C]	T. ^a muro 6 [°C]
29/03/2025	9:30			13,6				
	13:00	Puerta Abierta		14				
		Puerta Cerrada		14				
	15:40						14,5	
	16:10			14,5				
	20:30	Acto Puerta Abierta						
		Tras un rato						
30/03/2025	9:45		17,1	16,7	16,9	17,1	16,5	16,5
	10:15							
	10:30	Puerta abierta						
	10:45	Puerta abierta						
	11:00	Puerta abierta						
	11:10	Entra excursión y entorna puerta						
	11:30							
	15:30		16,1	16,1	16,1	15,8	15,8	16,1
02/04/2025	16:25		16,8	16,9	17,3	17,5	17,4	17,2
04/04/2025	9:30	Puerta abierta por limpieza en día lluvia						15,7
	10:17	Día Lluvia					16	
	15:30	Día Lluvia	17	16,8	17	16,9	16,9	17,1
05/04/2025	9:30		15,5	15,2	15,4	15,4	15,2	15,4
	12:30		16,2					
	18:15	Acto 10 Personas	16,4					
06/04/2025	9:40		17,2	16,8	16,7	16,5	16,5	16,6
	12:40						16	
	15:30		15,6	15,6	15,8	15,7	15,9	15,6
08/04/2025	9:40		18,6	18,3	18,2	18,4	18,3	18,3
	15:40						16,3	
09/04/2025	15:40		18	18,1	18,2	18,1	17,9	18,1
10/04/2025	16:45		18,5	18,4	18,6	18,4	17,3	18,6
11/04/2025	12:30							18,4
	15:40		18,2	18,4	18,1	18,4	18,3	18,3
12/04/2025	10:00	Día lluvioso	19,4	19,5	19,6	19,4	19,2	19,2
	12:30	Día lluvioso						18,2
	15:30	Día lluvioso	19,8	19,4	19,6	19,3	18,8	19,3
	17:15	Día lluvioso	18,1	18,2	18,4	18,1	18,1	18,4
13/04/2025	9:30							17,4
	15:40		19,4	19,2	19,3	19,3	19	19
15/04/2025	10:00		18,6	18,4	18,6	18,3	18,1	17,9
	15:40		18,9	19,4	19,5	18,8	18,5	18,3
16/04/2025	10:00		16,8	17,2	17,1	17,1	16,9	17,1
	15:40		18,3	18,1	18,4	18	18	18,4

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

17/04/2025	10:00		15,9	15,9	16,2	16,2	16,1	16,6
	15:40		16,9	16,7	16,8	17	16,8	17,3
20/04/2025	9:40		16,8	16,9	17,2	16,8	16,6	16,9
	15:40		15,7	15,3	15,5	15,6	15,9	15,2
22/04/2025	10:00		18,5	18,6	18,7	18,6	18,6	18,8
	15:40		19,4	19,7	19,3	19,3	19	19
23/04/2025	16:40		18	18,1	18,3	18,4	18,1	18,1
24/04/2025	17:00		17,5	17,7	17,4	17,3	17,4	17,6
26/04/2025	10:00		19,6	19,1	19,2	19,1	19,4	19,3
27/04/2025	10:00		18,6	18,6	18,8	19	19	18,9
27/04/2025	15:40		19,2	19,3	19,4	19,6	19,8	19,6

Tabla 15: Datos de temperaturas de los muros 1 al 6 de la ermita. Fuente: Realización propia.

Día	Hora	Condición especial	T. ^a muro 7 [°C]	T. ^a muro 8 [°C]	T. ^a muro 9 [°C]	T. ^a muro 10 [°C]	T. ^a muro 11 [°C]	T. ^a muro 12 [°C]
29/03/2025	9:30							
	13:00	Puerta Abierta						
		Puerta Cerrada						
	15:40							
	16:10							
	20:30	Acto Puerta Abierta						
		Tras un rato						
30/03/2025	9:45		15,7	16,5	15,7	15,9	15,5	15,5
	10:15							
	10:30	Puerta abierta						
	10:45	Puerta abierta						
	11:00	Puerta abierta						
	11:10	Entra excursión y entorna puerta						
	11:30							
	15:30		15,9	16,4	16,3	16,7	16,5	16,7
02/04/2025	16:25		16,5	16,5	16,1	16,9	16,7	17
04/04/2025	9:30	Puerta abierta por limpieza en día lluvia						
	10:17	Día Lluvia						
	15:30	Día Lluvia	16,8	16,9	16,6	16,9	16,5	16,8
05/04/2025	9:30		15,6	16	15,6	15,9	15,2	15,8
	12:30							
	18:15	Acto 10 Personas						
06/04/2025	9:40		16,2	16,3	15,7	16,3	15,8	16,1
	12:40							
	15:30		15,7	15,6	15,6	15,6	15,6	15,9
08/04/2025	9:40		18,2	18,2	18,1	18,1	18	17,9

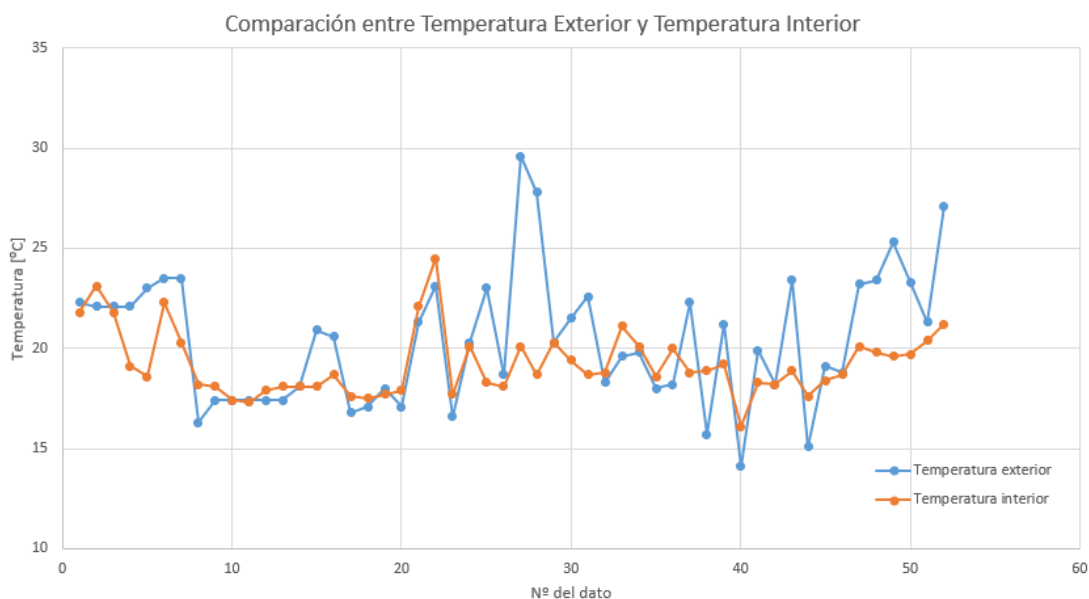
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

	15:40							
09/04/2025	15:40		18,4	18,9	18,2	18,9	18,2	18,6
10/04/2025	16:45		17,8	17,6	17,5	17,7	17,3	17,6
11/04/2025	12:30							
	15:40		18,1	18,3	17,7	18,4	17,8	18
12/04/2025	10:00	Dia lluvioso	19,2	19,5	19	19,4	18,7	19,5
	12:30	Dia lluvioso						
	15:30	Dia lluvioso	18,7	18,9	18,5	19,1	18,4	18,7
	17:15	Dia lluvioso	17,9	18,1	17,8	18	17,7	17,9
13/04/2025	9:30							
	15:40		18,9	18,9	18,6	19,2	18,6	18,8
15/04/2025	10:00		18	18,3	17,8	18,1	17,7	17,8
	15:40		17,1	17,7	16,9	16,8	17,3	16,7
16/04/2025	10:00		17,3	17,4	17,2	17,3	17	17,2
	15:40		18	18,3	18	18,4	17,9	18,2
17/04/2025	10:00		16,3	15,7	15,6	15,8	15,6	16
	15:40		17,6	17,6	17	17,7	17,3	17,8
20/04/2025	9:40		16,8	17,1	16,5	17,1	16,5	16,8
	15:40		15,4	15,8	15,5	15,9	15,7	15,7
22/04/2025	10:00		18,6	18,9	18,7	18,8	18,6	19
	15:40		18,2	18,7	18,4	18,6	18,5	19,5
23/04/2025	16:40		17,6	18,2	17,9	18,1	17,8	18,2
24/04/2025	17:00		17,6	17,5	17,5	17,6	17,4	17,3
26/04/2025	10:00		18,9	18,1	18,7	19,2	18,9	19
27/04/2025	10:00		19	18,7	19	19,3	18,9	19,2
27/04/2025	15:40		19,6	18,8	19,5	20	19,3	19,8

Tabla 16: Datos de temperaturas de los muros 7 al 12 de la ermita. Fuente: Realización propia.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Primero se van a comparar los valores de temperatura ambiental interior con la temperatura ambiental exterior utilizando el siguiente gráfico:



Gráfica 1: Gráfico comparativo entre la temperatura interior y la temperatura exterior. Fuente: Realización propia.

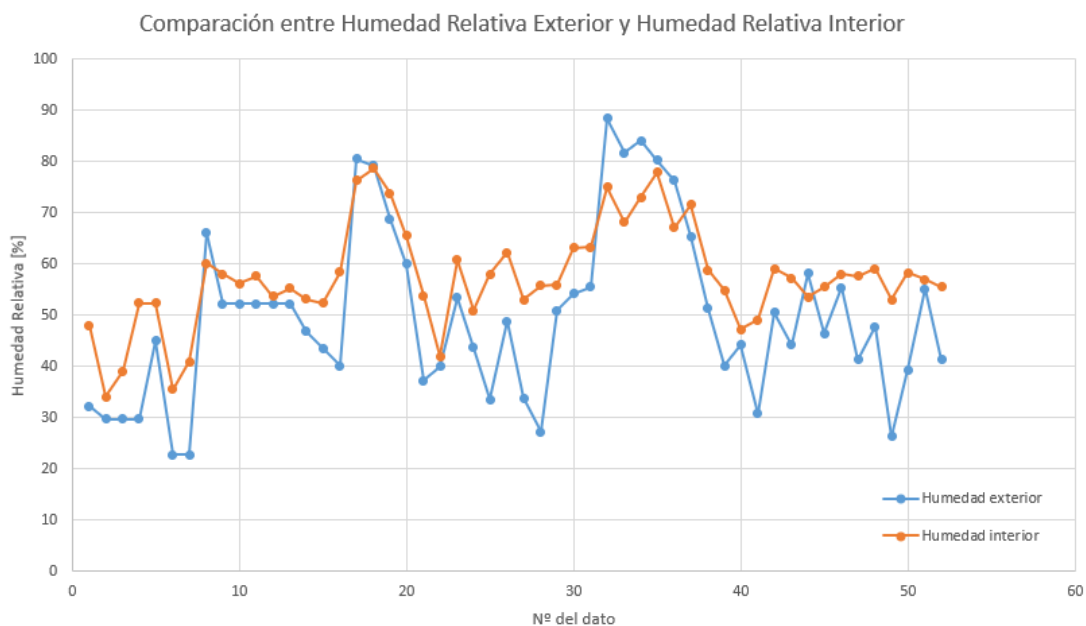
Si bien es cierto que no existe un patrón exacto que relacione la temperatura ambiente interior con la temperatura ambiente exterior, se puede ver que la temperatura del interior es mucho más constante y estable en el tiempo que la exterior. El valor máximo de la temperatura interior es de 24,5°C mientras que el mínimo es de 16,1°C, mientras que el valor máximo de la temperatura exterior es de 29,6°C y el mínimo de 14,1°C. No solo es necesario fijarse en los valores máximos y mínimos, también se debe tener en cuenta que el valor de la temperatura interior, salvo días concretos se encuentra en un margen de temperatura entre los 17,3°C y los 19,2°C, mientras que la temperatura exterior varía de forma más aleatoria.

Si bien es cierto que en el gráfico aparecen los datos independientemente de la hora, podemos ver que cuando la temperatura interior es superior a la exterior, esta es una medida que ha sido tomada en horas de la mañana, mientras que si la temperatura exterior es mayor a la interior la medida ha sido tomada a una hora posterior a las 12:00.

Todas estas medidas son realidades que ocurren en la ermita, casos reales en los cuales se puede ver el comportamiento de la ermita, manteniendo la temperatura interior a un rango de temperaturas que son cómodas para el visitante y que mantienen valores que evitan la existencia de humedad.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Ahora, se va a realizar un análisis que relaciona la humedad relativa interior con la humedad relativa exterior.



Gráfica 2: Gráfico comparativo entre la temperatura interior y la temperatura exterior. Fuente: Realización propia.

En este caso sí se puede ver un patrón entre las variables analizadas, se puede observar claramente cómo en la inmensa mayoría de los casos la humedad relativa interior es mayor a la humedad relativa exterior. Los únicos casos de excepción son los días lluviosos o aquellos en los haya llovido recientemente o exista riesgo de lluvia.

Es necesario tener en cuenta que el aire dentro de la ermita no se renueva con la facilidad con la que se renueva el exterior, por lo que su humedad va a ser mayor. Lo común es que, aunque exista ventilación, el interior va a estar más húmedo que el exterior, esto además se acrecienta debido a la existencia de personas en el interior, cuya respiración aumenta la humedad.

También el exterior de la ermita, al estar expuesto, recibe siempre la acción del viento, lo que disminuye la humedad ambiental, debido a la mayor renovación del aire.

En el gráfico se observa que la diferencia de humedad interior con respecto a la exterior varía irregularmente, pero se puede ver que la diferencia entre los datos de la humedad interior y exterior varía, siendo menor la exterior, entre un 5% y un 15%, si bien hay casos excepcionales, en los que la diferencia es superior.

También es notable ver el efecto que la ventilación tiene en la humedad interior. Se observa cómo, cuando la puerta grande de la ermita se encuentra abierta, ya sea por limpieza, acto religioso o excursión, disminuye la humedad interior y sus valores son más cercanos a los que se encuentran en el exterior.

Este efecto de ventilación que ocurre en la ermita es tan significativo que anula completamente el aumento de la humedad existente debido a la condensación del aire causada por la respiración de los visitantes.

Es decir, es mayor el efecto positivo que tiene el hecho de aumentar la ventilación abriendo la puerta que el aumento de la humedad debida a la respiración de las personas que se encuentran dentro de la ermita.

Con todos estos datos, como se comentó anteriormente, se va a realizar un estudio psicrométrico sobre la aparición de condensaciones en los muros de la ermita, para ello se utilizarán los datos de humedad relativa y temperatura en el interior de esta, así como la temperatura de los muros interiores.

Para realizar el análisis se va a utilizar el programa Sicro de Atecyr con el cual, mediante el uso de diagrama psicrométrico, será posible obtener la temperatura del punto de rocío.

En este caso se realizará un estudio de varios de los momentos más críticos, donde la humedad interior es mayor, donde la temperatura es más alta y baja, así como otros momentos notables.

9.1.1. Mayor Humedad Relativa Interior

El día con mayor humedad relativa fue el 4 de abril y el mayor dato se obtuvo a las 10:17 de la mañana. El valor obtenido fue de un 78,7% de humedad relativa, con una temperatura interior de 17,5 °C.

Utilizando el programa se va a obtener el valor de la temperatura de rocío. Solamente es necesario introducir los datos en el programa y este permitirá obtener el valor deseado.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Variables	
Temp.seca °C	17,5
Hum.relativa %	78,7
H.espec. g/kg as	9,9
Entalpia kJ/kg as	42,8
Temp.húmeda °C	15,2
Temp.rocio °C	13,8
P.parcial vapor Pa	1574
Vol.espec. m ³ /kg as	0,8476
Densidad kg/m ³	1,1915
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 60: Fotografía de los resultados del punto con mayor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.

Fuente: Realización propia.

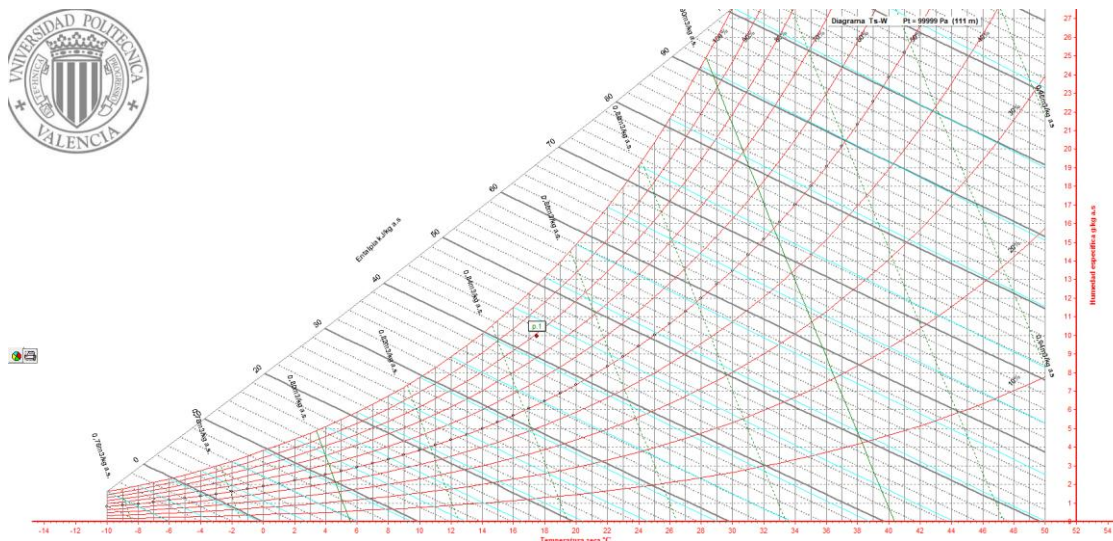


Figura 61: Fotografía del punto de mayor humedad relativa interior en el diagrama psicrométrico.

Fuente: Realización propia.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, la temperatura del punto de rocío es de 13,8°C.

Se procederá a comparar este valor con los valores de la temperatura interior de los muros, si la temperatura es mayor a esta temperatura de rocío, se producirán condensaciones, cosa que no ocurrirá si es mayor esa temperatura en el muro.

En este caso el único muro analizado fue el muro 6 cuya temperatura es de 16°C, mayor a la del punto de rocío, por lo que no se producirá la condensación.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

9.1.2. Mayor temperatura interior

El día con mayor temperatura interior fue el 5 de abril y el mayor dato se obtuvo a las 18:15 de la mañana. El valor obtenido fue de un 42% de humedad relativa, con una temperatura interior de 24,5 °C.

Estos datos son analizados, al igual que en el caso anterior con el programa Sicro.

The image shows a screenshot of the Sicro program's output window. It is titled "Variables" and lists several atmospheric parameters with their corresponding values in input fields. At the bottom, there are two icons: a green checkmark and a yellow battery icon.

Variable	Valor
Temp.seca °C	24,5
Hum.relativa %	42
H.espec. g/kg as	8,1
Entalpia kJ/kg as	45,4
Temp.húmeda °C	16,1
Temp.rocio °C	10,8
P.parcial vapor Pa	1292
Vol.espec. m ³ /kg as	0,8656
Densidad kg/m ³	1,1647

Figura 62: Fotografía de los resultados del punto con mayor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.

Fuente: Realización propia.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

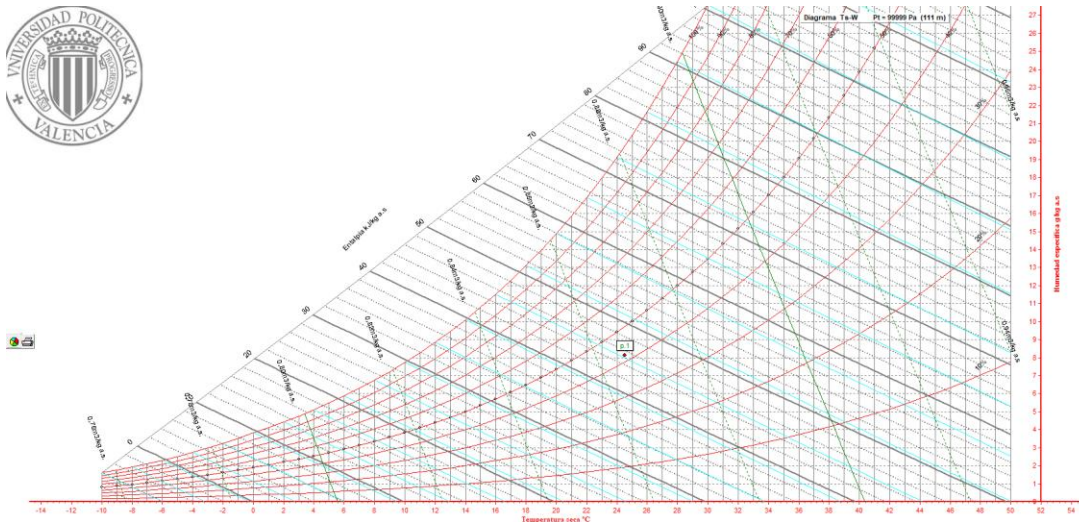


Figura 63: Fotografía del punto de mayor temperatura interior en el diagrama psicrométrico.

Fuente: Realización propia.

Como se puede observar en los resultados obtenidos, la temperatura del punto de rocío es de 10,8 °C.

En este caso el único muro analizado fue el muro 1 cuya temperatura es de 16,4 °C, mayor a la del punto de rocío, por lo que no se producirá la condensación.

9.1.3. Menor temperatura interior

El día con menor temperatura interior fue el 16 de abril y el mayor dato se obtuvo a las 10:00 de la mañana. El valor obtenido fue de un 47,3% de humedad relativa, con una temperatura interior de 16,1 °C.

Utilizando el programa se va a obtener el valor de la temperatura de rocío, solamente es necesario introducir los datos en el programa y nos permitirá obtener el valor deseado.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

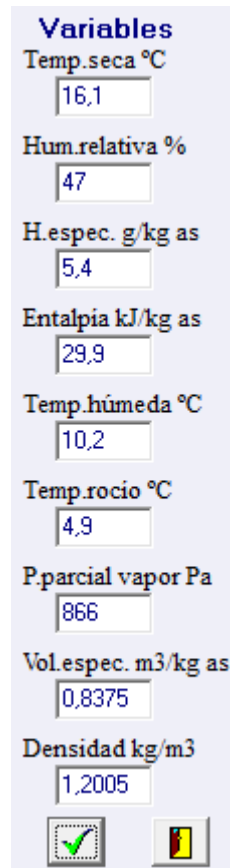


Figura 64: Fotografía de los resultados del punto con menor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.

Fuente: Realización propia.

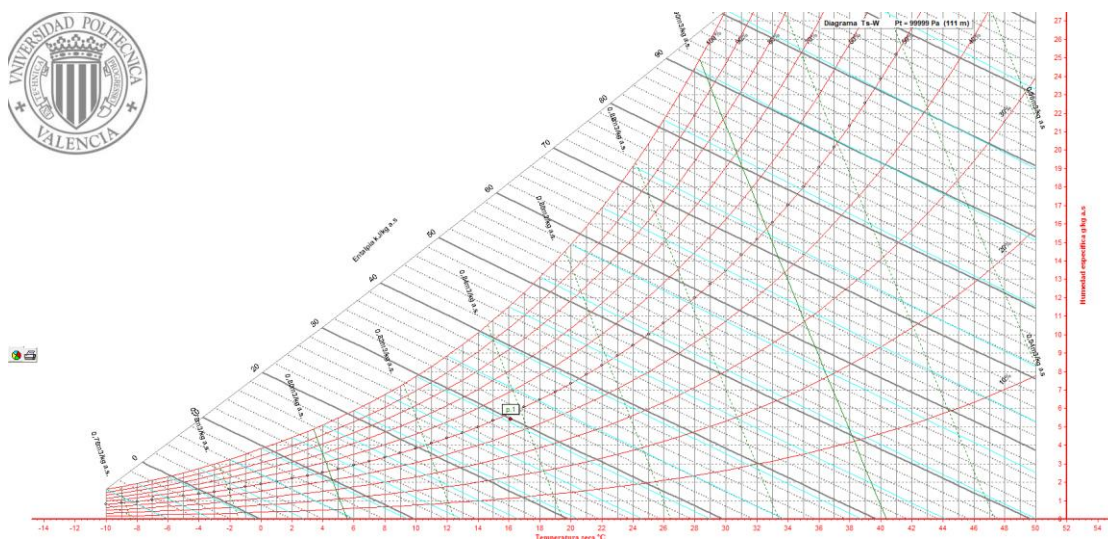


Figura 65: Fotografía de los resultados del punto con menor temperatura interior obtenidos mediante el programa Clima.

Fuente: Realización propia.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, la temperatura del punto de rocío es de 4,9 °C.

En este caso el muro con menor temperatura es el muro 1 cuya temperatura es de 16,8 °C, mayor a la del punto de rocío, por lo que no se producirá la condensación.

Como se puede ver en ninguno de los casos anteriormente mencionados se produce la condensación, por tanto, en los momentos analizados, para esta hora y época del año, no se está produciendo este tipo de humedad.

9.2. Análisis de resultados obtenidos mediante el medidor de humedad en materiales

Como se puede ver estos datos son los menos cuantiosos, debido a que, como es necesario el contacto con el muro, no siempre es posible de realizar, ya que, aunque la manipulación de este aparato es incua para el muro, cuando hay visita, no es recomendable ni agradable para el visitante, ante el desconocimiento de este, ver a una persona manipulando el muro con una herramienta que parece punzante.

Es por esto por lo que se han tomado un número menor de datos, pero suficientes para hacer un análisis.

Como se comentó anteriormente, este análisis no se puede realizar todos los muros de la ermita. Esto se debe a que el aparato nos permite medir la humedad en las capas de yeso del muro, pero no nos devuelve una lectura, o si lo hicieran no sería correcta, en las superficies de los muros cubiertas por pintura.

Por tanto, el estudio solamente se realizará en aquellas paredes donde existan roturas en la pintura y, por tanto, quede expuesta la capa posterior de yeso en la pared.

Los muros que poseen roturas de tamaño suficientes para hacer el análisis son los muros 1,2,5,6,7,9 y 10. El resto de los muros quedan exentos de este análisis por las circunstancias mencionadas anteriormente.

En la siguiente tabla se encuentran los resultados obtenidos a partir de este análisis:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Día	Hora	Condición Especial	Muro 1	Muro 2	Muro 5	Muro 6	Muro 7	Muro 9	Muro 10
02/04/2025	16:25								0,60%
04/04/2025	15:30	Día lluvia	0,80%		0,80%	0,80%		0,90%	0,80%
06/04/2025	9:40								0,70%
	15:30		0,60%	0,80%				0,70%	0,70%
08/04/2025	9:40							0,70%	0,60%
09/04/2025	15:40		1%	0,60%	0%	0,80%		0,70%	0,60%
11/04/2025	15:40						0,60%	0,90%	0,80%
12/04/2025	15:30	Día lluvia	0,70%	0,80%	0,70%	0,80%	0,70%	0,90%	0,80%
	17:15	Día lluvia	0,70%	0,80%	0,70%	0,60%	0,70%	0,90%	0,80%
13/04/2025	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15/04/2025	10:00		0,60%	0,70%	0,60%	0,80%	0%	0,70%	0,80%
	15:40		0,60%	0,70%	0,60%	0,70%	0,60%	0,90%	0,80%
16/04/2025	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17/04/2025	10:00		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20/04/2025	9:40		0%	0%	0%	0,60%	0,70%	0,90%	0,80%
22/04/2025	9:40		0,60%	0,80%	0,60%	0,80%	0,70%	1,70%	0,80%
23/04/2025	16:40		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,60%	0,90%	0,60%
24/04/2025	17:00		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,70%	1,00%	0,80%
26/04/2025	10:00		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,70%	1,00%	0,80%

*Tabla 17: Resultados del estudio mediante el uso del medidor de humedad en las paredes.
Fuente: Realización propia.*

En la cual, para hacer el análisis más visual, se ha decidido realiza una distribución de colores:

Día	Hora	Condición Especial	Muro 1	Muro 2	Muro 5	Muro 6	Muro 7	Muro 9	Muro 10
02/04/2025	16:25								0,60%
04/04/2025	15:30	Día lluvia	0,80%		0,80%	0,80%		0,90%	0,80%
06/04/2025	9:40								0,70%
	15:30		0,60%	0,80%				0,70%	0,70%
08/04/2025	9:40							0,70%	0,60%
09/04/2025	15:40		1%	0,60%	0%	0,80%		0,70%	0,60%
11/04/2025	15:40						0,60%	0,90%	0,80%
12/04/2025	15:30	Día lluvia	0,70%	0,80%	0,70%	0,80%	0,70%	0,90%	0,80%
	17:15	Día lluvia	0,70%	0,80%	0,70%	0,60%	0,70%	0,90%	0,80%
13/04/2025	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15/04/2025	10:00		0,60%	0,70%	0,60%	0,80%	0%	0,70%	0,80%
	15:40		0,60%	0,70%	0,60%	0,70%	0,60%	0,90%	0,80%
16/04/2025	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17/04/2025	10:00		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	15:40		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20/04/2025	9:40		0%	0%	0%	0,60%	0,00%	0,90%	0,80%

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

22/04/2025	9:40		0,60%	0,80%	0,60%	0,80%	0,70%	1,70%	0,80%
23/04/2025	16:40		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,60%	0,90%	0,60%
24/04/2025	17:00		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,70%	1,00%	0,80%
26/04/2025	10:00		0,60%	0,80%	0,60%	0,70%	0,70%	1,00%	0,80%

Tabla 18: Resultados del estudio mediante el uso del medidor de humedad en las paredes. Distribución de colores.

Fuente: Realización propia.

Existen dos casos o tipos de medida en estos datos obtenidos, los momentos en los que encontramos un contenido de humedad en la pared y los momentos en los que no.

Es necesario recordar que el margen de utilización de este instrumento de medida para el material que hemos analizado (yeso), es el siguiente:

Rango de medición: 0,5% - 4,1%.

Valores para el muro seco: <0,5%.

Valores dentro del rango de valor límite: 0,5% - 1%.

Valores para muros demasiado húmedos: >1%.

9.2.1. Momentos en los que encontramos humedad en la pared

Se puede ver que en los días lluviosos aparecen signos de existencia humedades en los muros que se han podido analizar. Todos los días lluviosos se han obtenido altos valores de humedad dentro de la zona límite en todos los muros analizados.

Los resultados se encuentran en su mayoría en la franja del rango límite, es decir, no se puede asegurar con exactitud la existencia de humedad, pero a mayor sea el número mayor posibilidad hay de que exista esta humedad y sea más significativa. Es más posible que exista y haya mayor humedad en un muro donde la medida es de 0,9% que en un muro donde la medida sea un 0,6%.

Si se observan los datos se puede ver que, aunque los datos varían dependiendo del día y hora, se puede realizar un análisis algo más cualitativo.

Es posible ver que de media hay muros que poseen más humedad que otros, ya que la mayoría de los datos en los que existe humedad el valor es mayor. En este caso el muro que presenta mayor humedad, cuando esta aparece, es el muro 9, en el cual se puede ver que en la mayoría de las veces que se han obtenido datos de humedad, el valor de este muro ha sido 0,9% - 1%, en el resto de los casos el valor de este muro toma un valor de 0,7%.

Por otra parte, el muro que posee menor humedad de media es el muro 7, donde la mayoría de los datos tomados de este muro son del 0%. En caso de encontrar humedad solamente se han obtenido datos que van desde el 0,6% al 0,7%.

El muro 10 nos devuelve unos datos de humedad bastante constantes, si bien es cierto que es el muro más analizado. Se encuentra humedad en este en todas las veces analizadas en la que se ha encontrado humedad en otros muros. Sus valores no son tan grandes como los del muro 9 pero también se deben tener en cuenta.

Cabe destacar el dato obtenido el día 9 de abril a las 15:40, día en el cual no hubo precipitaciones y en el cual aparecen los datos más dispares. Aquí se encuentra uno de los datos más grande de todos los datos tomados por este método, un 1%, que, aunque dentro de la zona límite, es el último valor de este rango y por tanto cabría implicar que es bastante posible la existencia de humedad en este muro en el momento analizado. Sin embargo, el muro 5 no nos devuelve valor alguno de humedad en el muro.

También se debe tener en cuenta que el día 22 de abril aparece un dato en el muro número 9 del 1,7% indicando así que el muro se encuentra demasiado húmedo.

9.2.2. Momentos en los que no encontramos humedad en la pared

En este estudio también se obtienen momentos en los que no se encuentra la humedad, en estos momentos el aparato no solo ha indicado que nos encontramos con una situación en la que el muro está seco, si no que el aparato indica que la humedad es del 0%. Es decir, cuando no existe la humedad en la pared, no hay ninguna traza de su existencia.

Con todos estos datos se puede concluir que si bien existen momentos donde hay humedad en el interior de los muros, esta no se manifiesta de manera continua. Aun así, este puede ser un indicativo de que existen momentos en los cuales la humedad aparece en los muros y causa daños en estos.

Sorpresivamente, aun siendo el muro 10 el que parece más afectado por la humedad, existen valores mayores de la humedad en el muro 9, el cual tienen un número menor de defectos.

9.3. Análisis mediante fotografía realizada con cámara termográfica

Como se comentó en apartados anteriores una parte de este estudio es el uso de la cámara termográfica infrarroja con la función de detectar la humedad en las paredes.

La toma de medidas por parte de este instrumento ha consistido en la realización de fotografías en la ermita, tras la configuración de la cámara con los parámetros de humedad relativa, temperatura interior y temperatura de los muros.

En las fotografías lo que se busca son zonas en las que haya una disminución considerable de la temperatura, ya que en estas se encuentra el agua de la humedad, y esta se encuentra evaporándose y por ello, disminuye la temperatura para que se produzca este proceso.

En este estudio se han tomado las fotografías a la par que se han realizado la toma de datos del estudio psicrométrico, debido a que algunos de estos datos son necesarios para la configuración de la cámara a la hora de la toma de fotografías.

Posteriormente a la toma de datos, se van a analizar las imágenes con el programa FLIR Tools, con el cuál, es posible realizar diferentes análisis y a partir de ellos obtener conclusiones y resultados.

Para este caso, las fotografías se han realizado con la paleta de color “Rainbow”, ya que es una de las paletas más utilizadas para este tipo de aplicaciones, además de ser muy visual. En esta paleta, los colores que representan las zonas con mayor temperatura son representadas con un color blanco, mientras que los puntos más fríos se encuentran representado por colores azul oscuro. El gradiente pasa de mayor a menor temperatura por los siguientes colores, blanco, rosa, rojo, naranja, amarillo, verde, azul claro, azul oscuro.

Por tanto, se buscarán las zonas azules, ya que estas representan una menor temperatura.

Sin embargo, es fundamental tener en cuenta el rango de la temperatura de cada una de las imágenes, debido a que no es lo mismo un rango que otro a la hora de analizar las fotografías, por ejemplo, puede existir un gran gradiente de color, pero que este solamente represente una variación de décimas de grado.

Se han tomado fotografías de todas las partes a analizar de los muros de la ermita, así como lugares importantes que poseen los puentes térmicos del edificio, tales como puertas y ventanas.

En la siguiente imagen podemos ver una imagen del puente térmico existente tanto en la puerta principal de la ermita, como en una de las vidrieras:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 66: Fotografía de la puerta principal de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

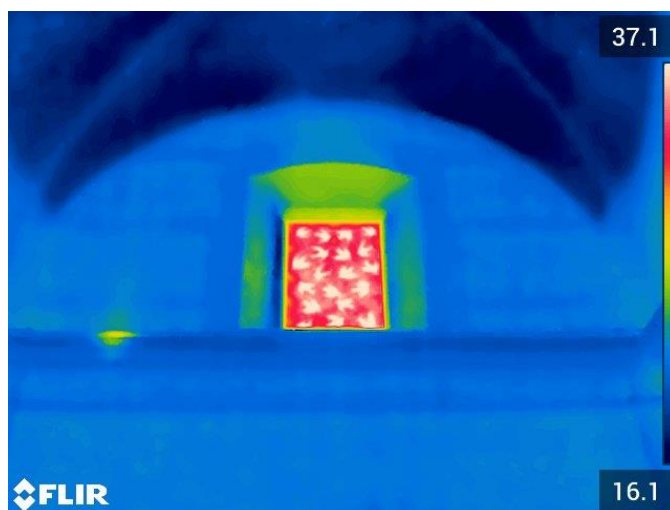
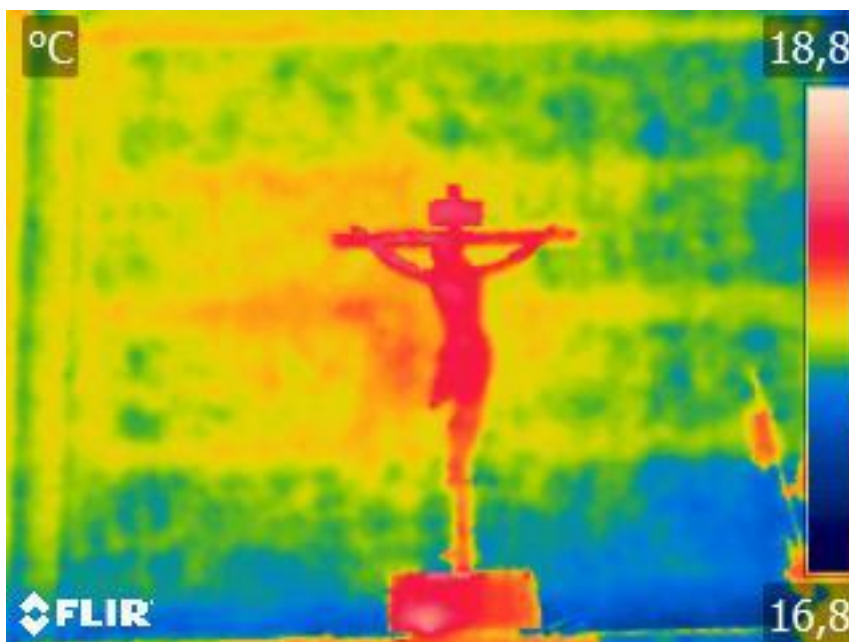


Figura 67: Fotografía de la vidriera derecha de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

También hay que tener en cuenta los elementos existentes en la ermita, como bancos, muebles e imágenes religiosas, los cuales están fabricados con otros materiales como la madera. Estos materiales, tienen diferentes capacidades para absorber el calor y por tanto la temperatura de estos elementos será distinta a la temperatura de la pared.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



*Figura 68: Fotografía una imagen religiosa ante la cámara infrarroja.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 10 de abril de 2025 a las 16:00 horas.*

Como se puede ver en la imagen, la temperatura de la imagen religiosa es distinta a la de la pared, se puede notar la silueta perfectamente y esta se mantiene a una temperatura superior a la de la pared, es por esto por lo que debemos tener en cuenta todos estos elementos a la hora de analizar las fotografías realizadas.

9.3.1. Análisis de un muro durante las distintas horas del día

Uno de los análisis a realizar es el estudio de un mismo muro a lo largo de un mismo día a diferentes horas, teniendo en cuenta el horario de apertura de la ermita. Para este análisis se han tomado datos en 4 momentos de un día, tras la apertura de la mañana a las 9:30, pronto al cierre de la ermita a las 12:30, tras la apertura del horario de tarde a las 15:30 y finalmente a las 17:10.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

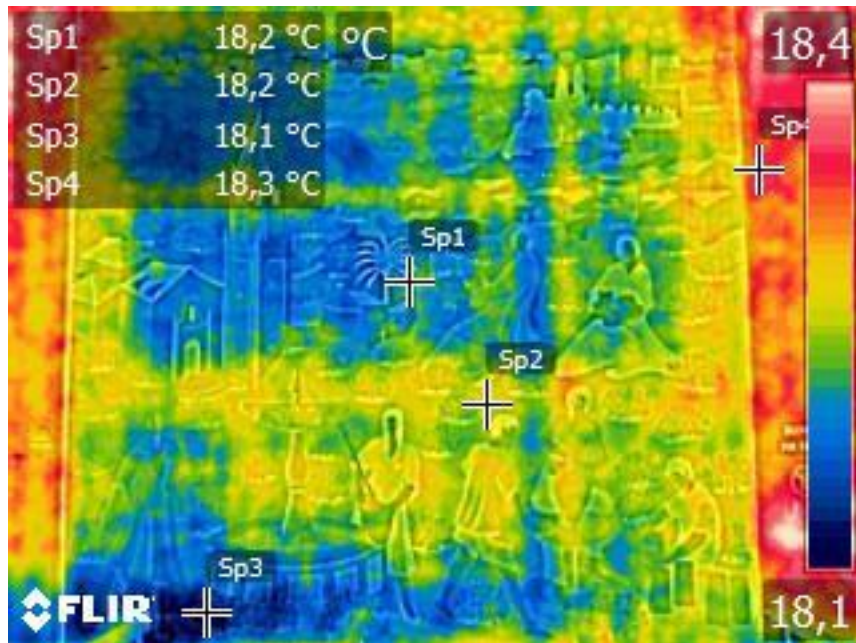


Figura 69: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 9:30 horas.

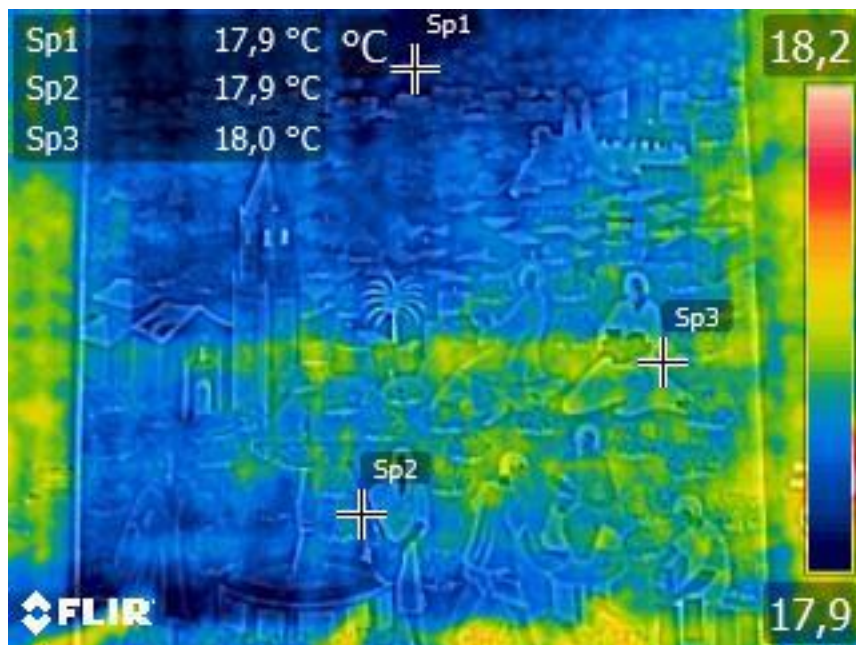


Figura 70: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 12:30 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

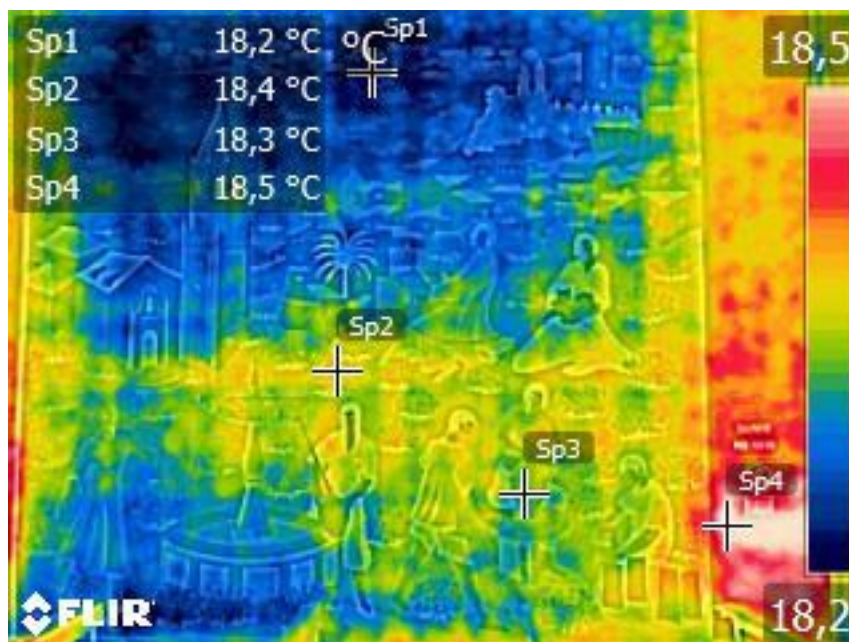


Figura 71: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 15:30 horas.

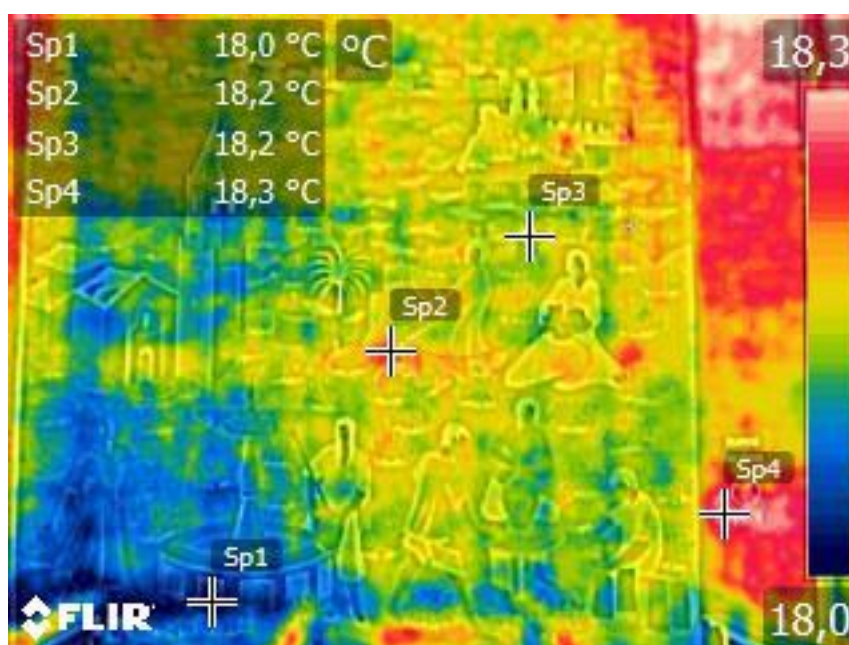


Figura 72: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 17:10 horas.

Es posible ver que existe muy poca variación en la temperatura de los muros, tanto entre una toma u otra como en una misma imagen. Se puede ver que existe muy poca diferencia ya que los rangos de temperatura varían todos entre 17,9°C y los 18,5°C.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

En cada una de las imágenes se puede observar como la diferencia de temperatura es muy pequeña, aunque la diferencia de colores sea muy llamativa es necesario fijarse primeramente en la escala de temperatura que aparece en cada una de las imágenes, a la derecha de estas. Si se toma una de las imágenes mostradas anteriormente se puede ver que, para la imagen de las 17:10, por ejemplo, se observa que la mayor temperatura, representada en color blanco, es una temperatura de 18,3°C, mientras que la temperatura mínima, representada por el color azul oscuro, es de 18,0°C.

Es decir, aunque en la imagen que visualmente pareciera que hay una gran diferencia de temperatura en los muros de la ermita, se puede analizar que esta temperatura en muchos casos no llega a los 0,5°C.

Si se observa la imagen con otra escala, se puede ver que esta pasa de presentar un gran rango de colores, a representar la imagen con un solo color ya que ahora la diferencia de temperaturas necesaria para que ocurra el cambio de color de la imagen es mayor.

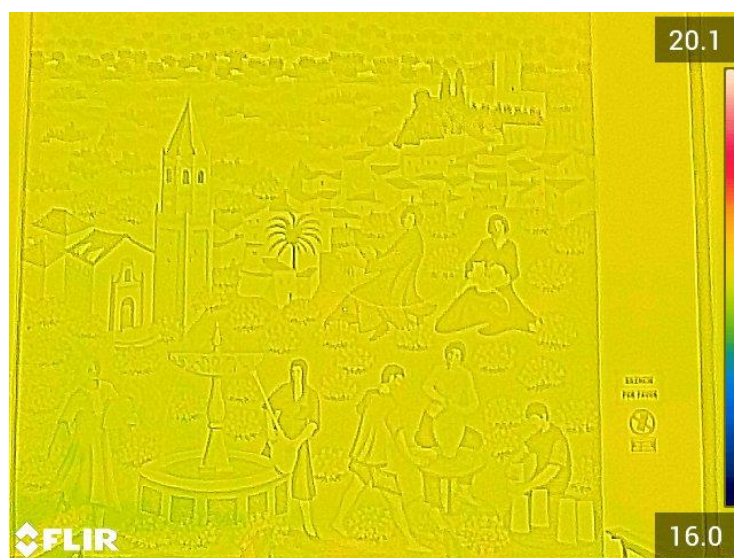


Figura 73:Fotografía infrarroja del muro 5 con escala de 16°C a 20,1°C. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 17:10 horas.

Como se puede ver en la imagen, el color que predomina es el amarillo, que, si bien es cierto que se vuelve algo más verde en la esquina inferior izquierda y algo más naranja en la esquina superior derecha, siguen siendo tonalidades donde prima el color amarillo. En la escala de la imagen se puede ver que la temperatura máxima es de 20,1°C y la mínima es de 16°C. Es por esto por lo que se puede ver que no hay una gran diferencia de temperatura entre las diversas partes del muro.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

9.3.2. Análisis de diversos muros un mismo día a una misma hora

Se va a realizar un análisis de los diferentes muros para un mismo día a una misma hora, en este caso, se tomará el dato del día 13 de abril de 2025 a las 15:40.

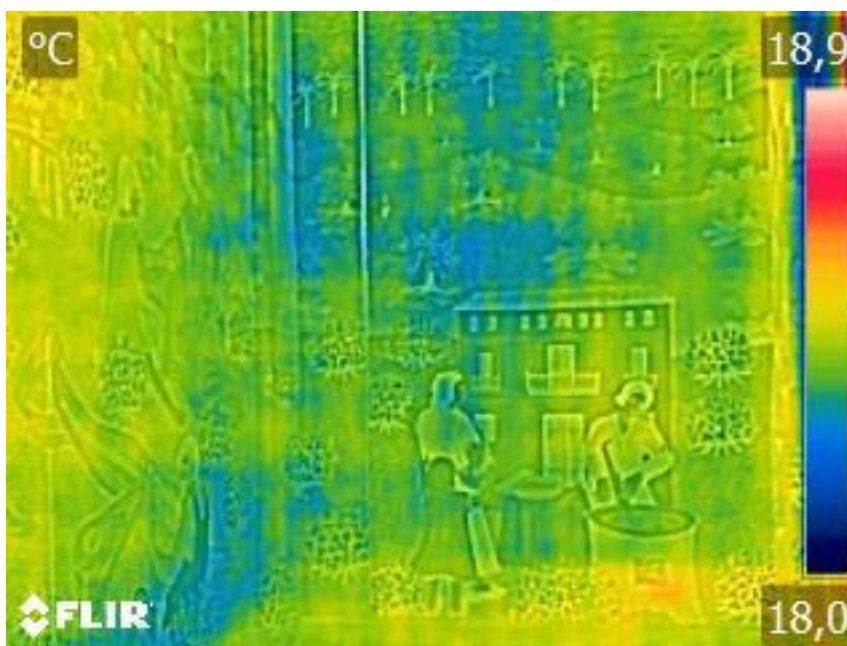


Figura 74: Fotografía infrarroja del muro 1. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

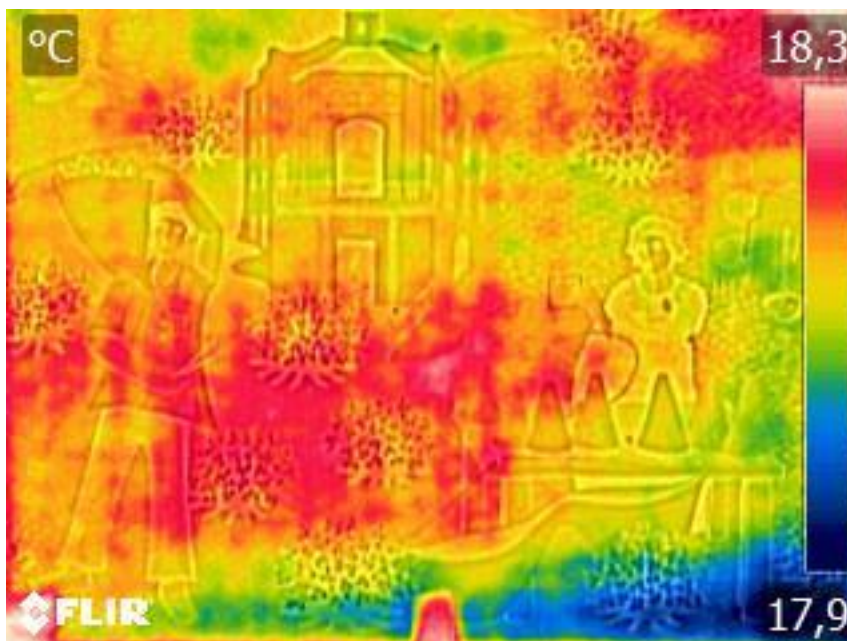


Figura 75: Fotografía infrarroja del muro 2. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

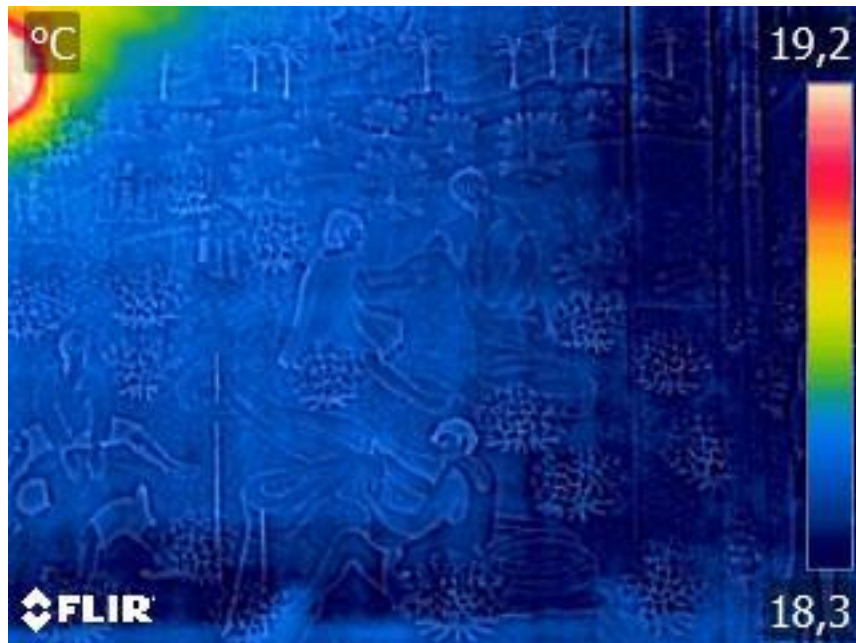


Figura 76: Fotografía infrarroja del muro 3. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

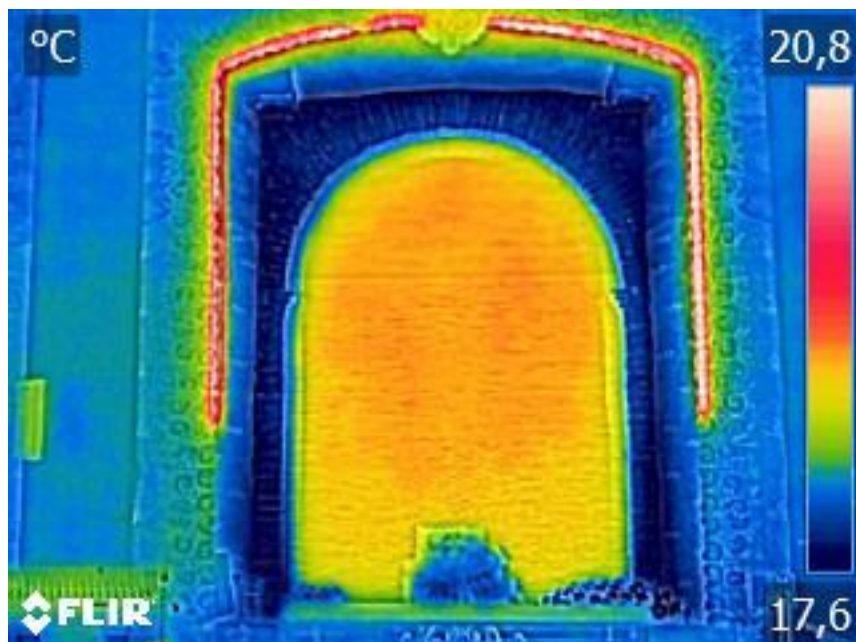


Figura 77: Fotografía infrarroja del muro 4. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

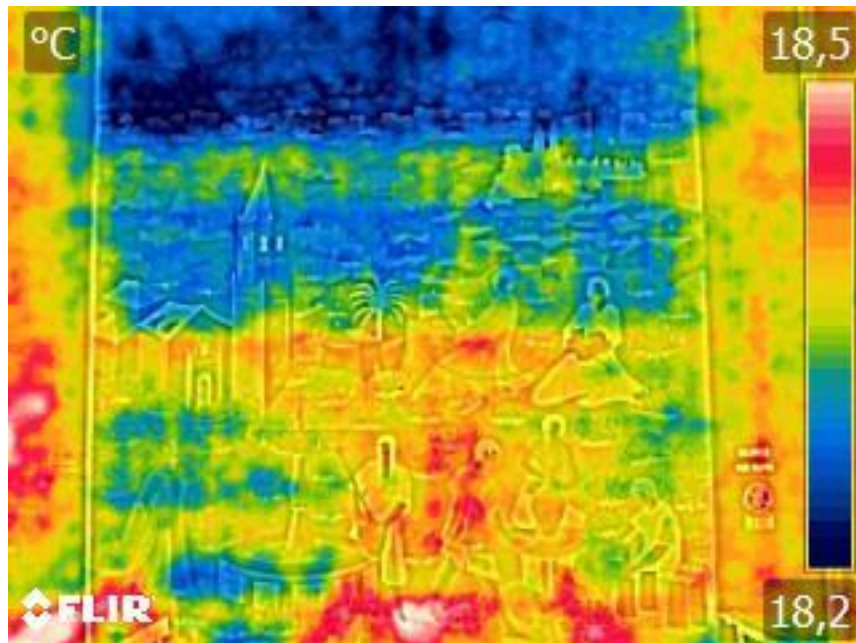


Figura 78: Fotografía infrarroja del muro 5. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

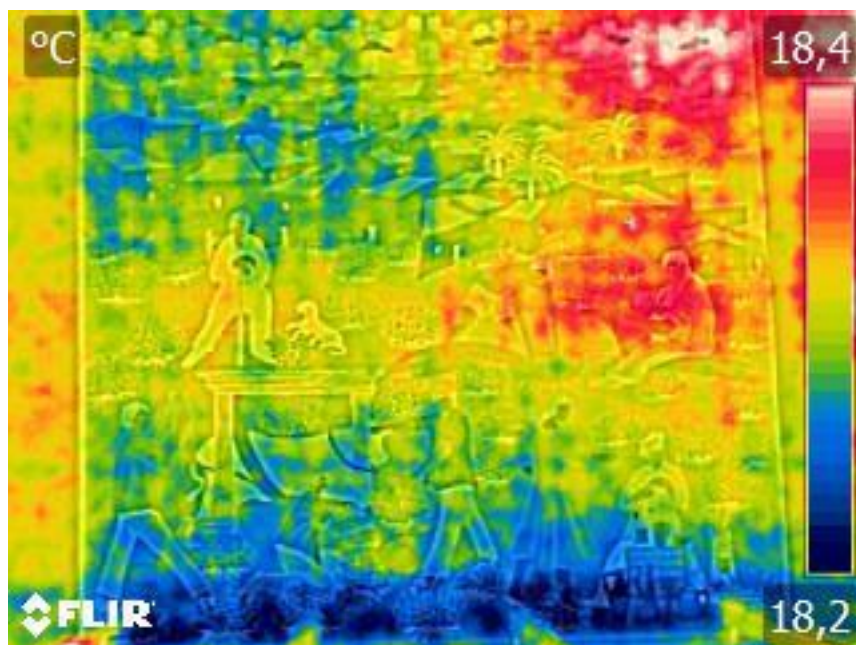


Figura 79: Fotografía infrarroja del muro 6. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

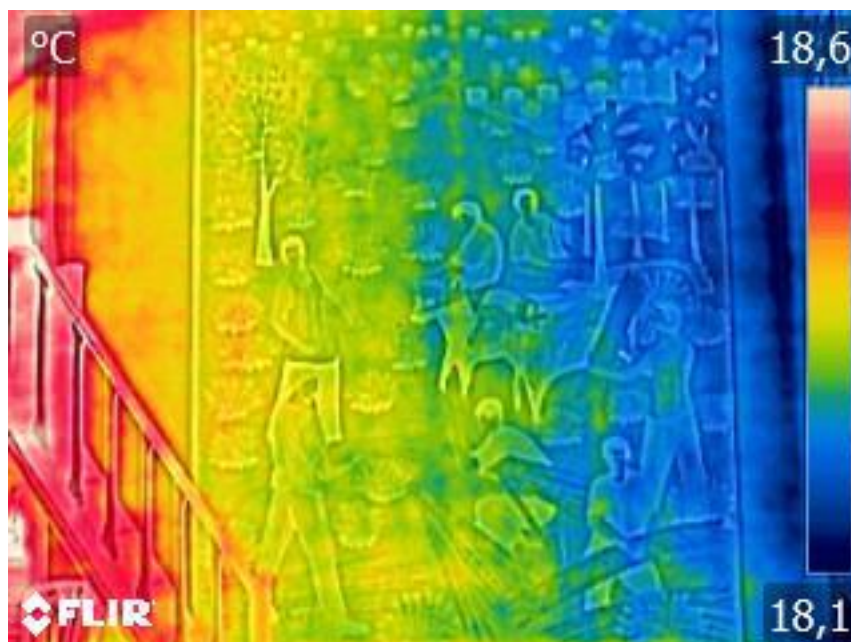


Figura 80: Fotografía infrarroja del muro 7. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

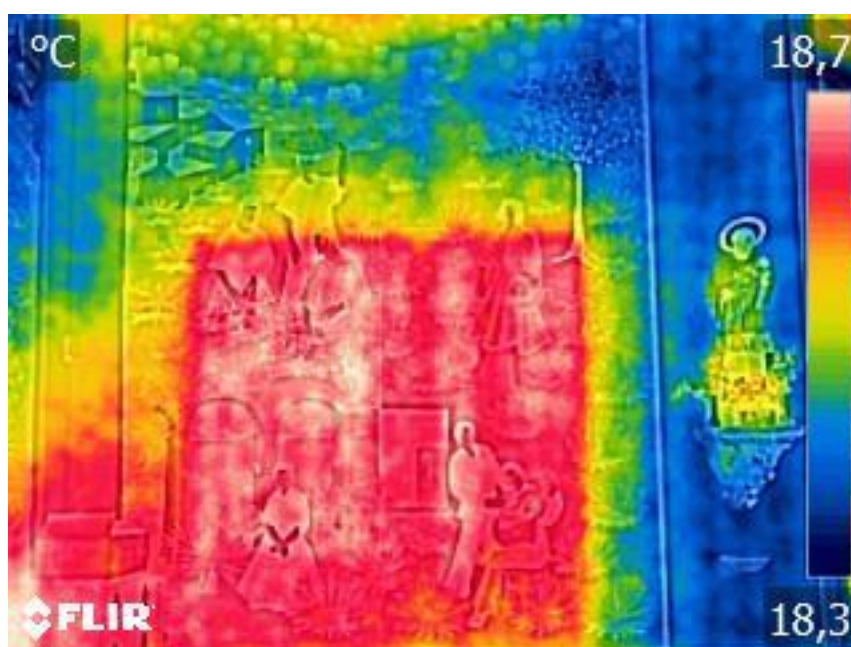


Figura 81: Fotografía infrarroja del muro 8. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

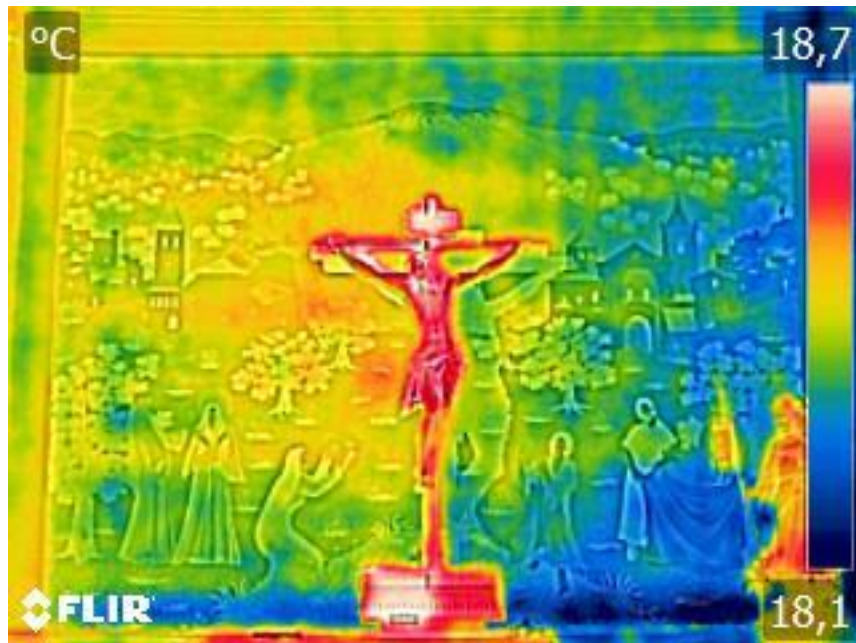


Figura 82: Fotografía infrarroja del muro 9. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

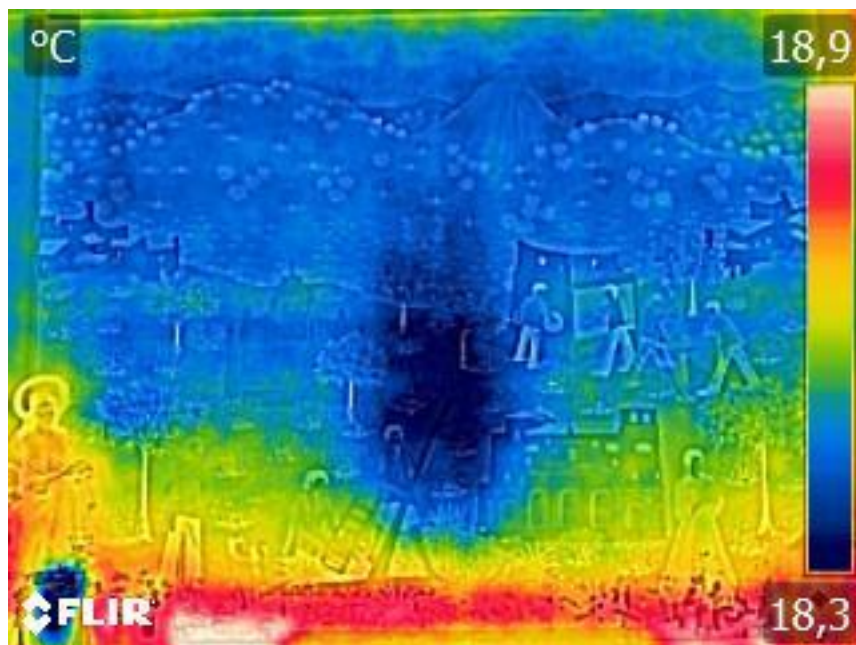


Figura 83: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

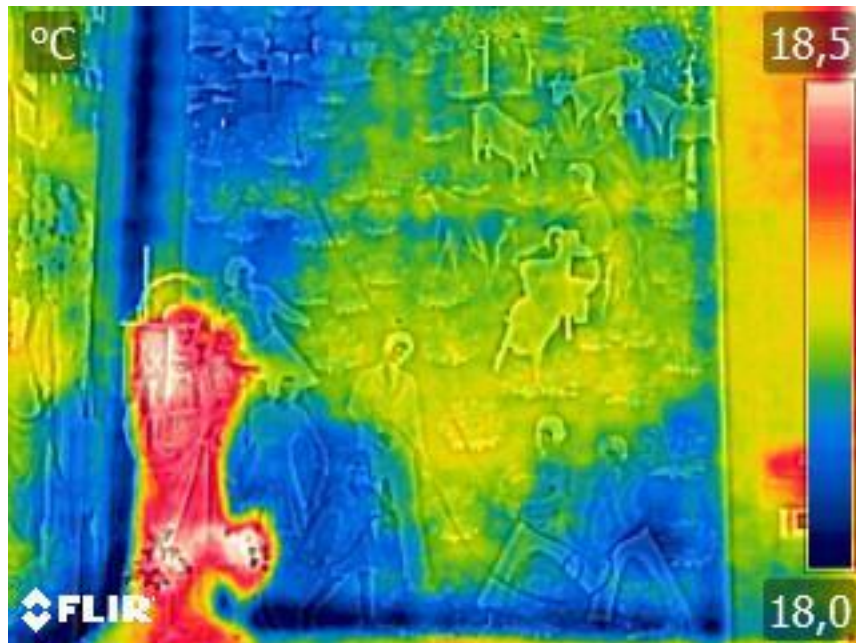


Figura 84: Fotografía infrarroja del muro 11. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

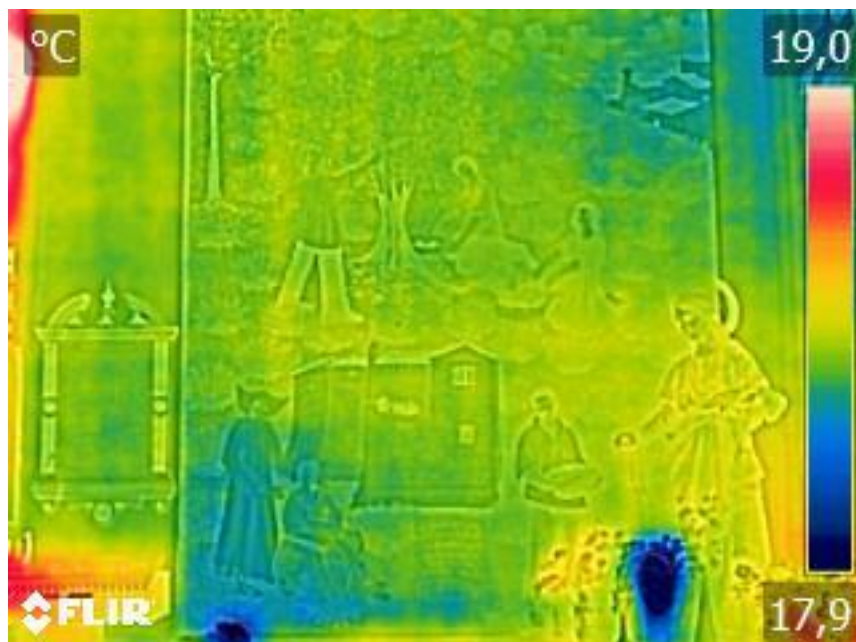


Figura 85: Fotografía infrarroja del muro 12. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

9.3.3. Estudio de un mismo muro en diversos días a una misma hora

En este apartado se va a analizar el muro que parece más afectado por la humedad, siendo este el muro 10, durante varios días a una misma hora, concretamente en un rango de hora entre las 15:30 a las 16:00 horas.

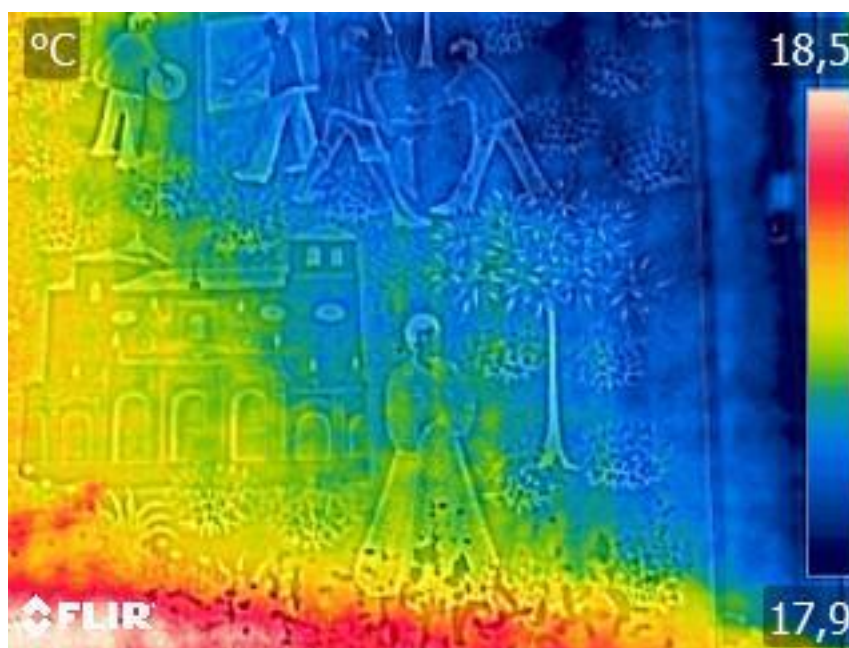


Figura 86: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 10 de abril de 2025 a las 16:00 horas.

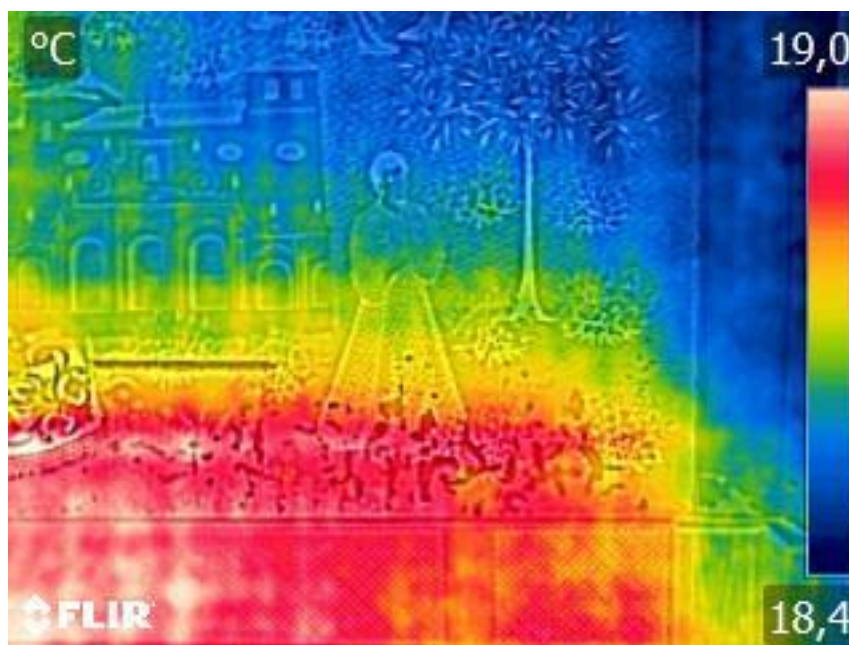


Figura 87: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 11 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

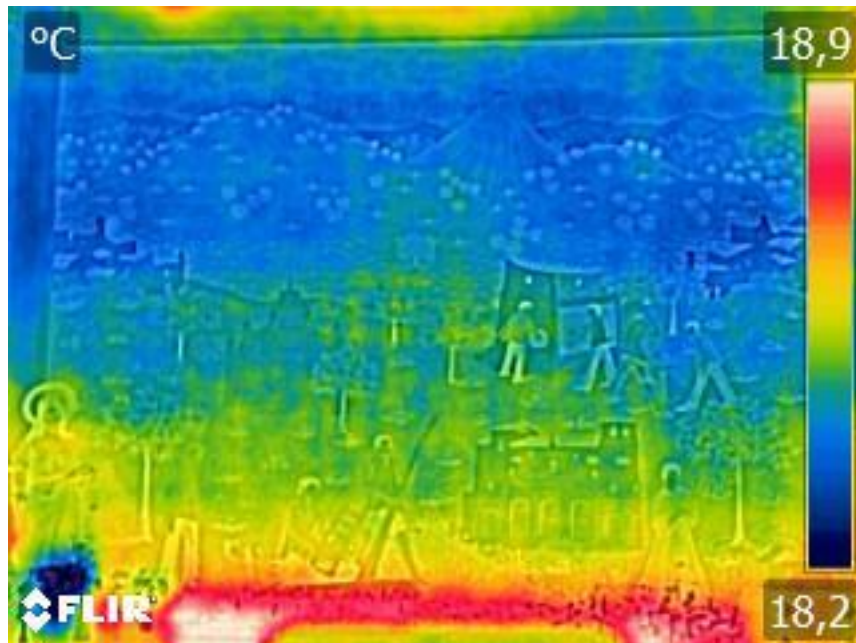


Figura 88: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 12 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

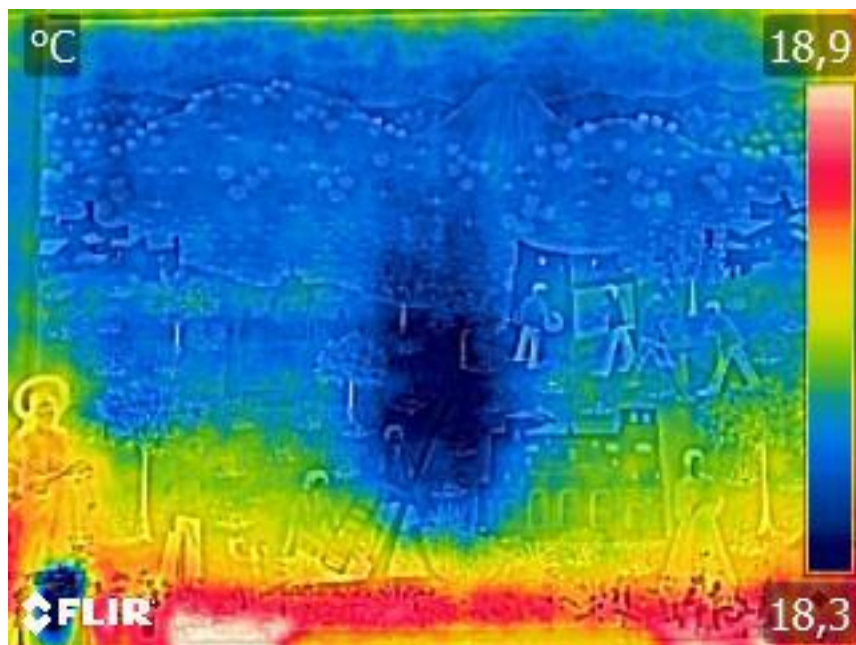


Figura 89: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

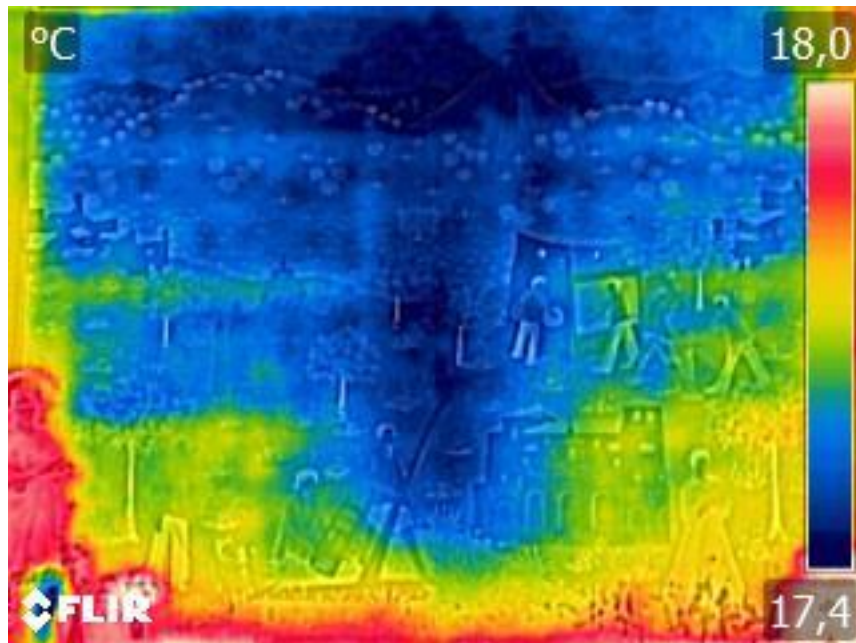


Figura 90: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

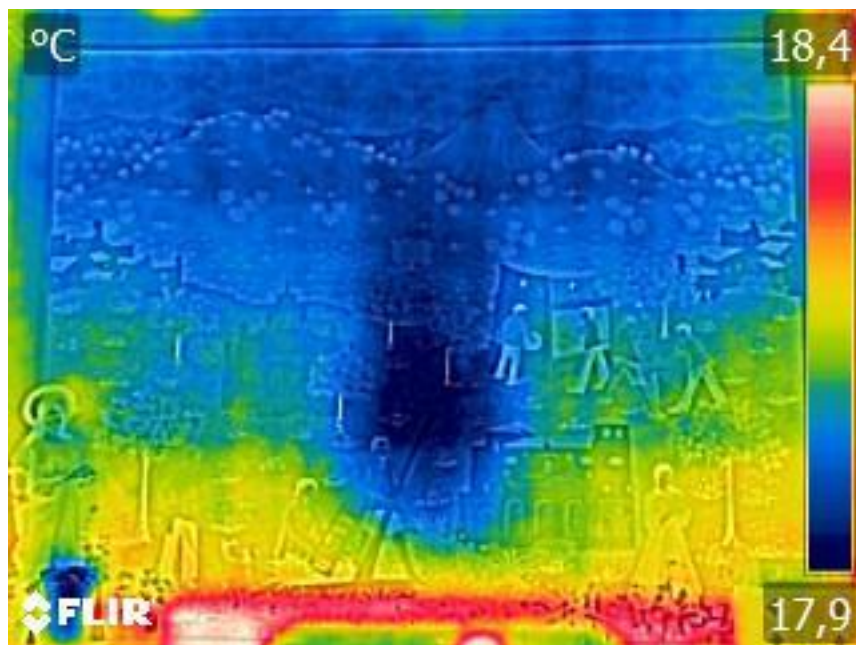


Figura 91: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

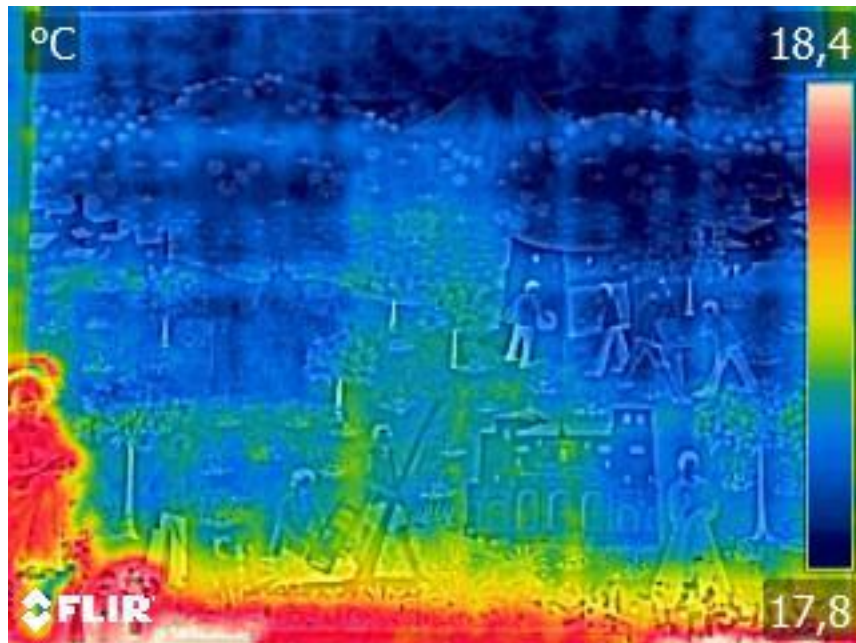


Figura 92: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 22 de abril de 2025 a las 16:00 horas.

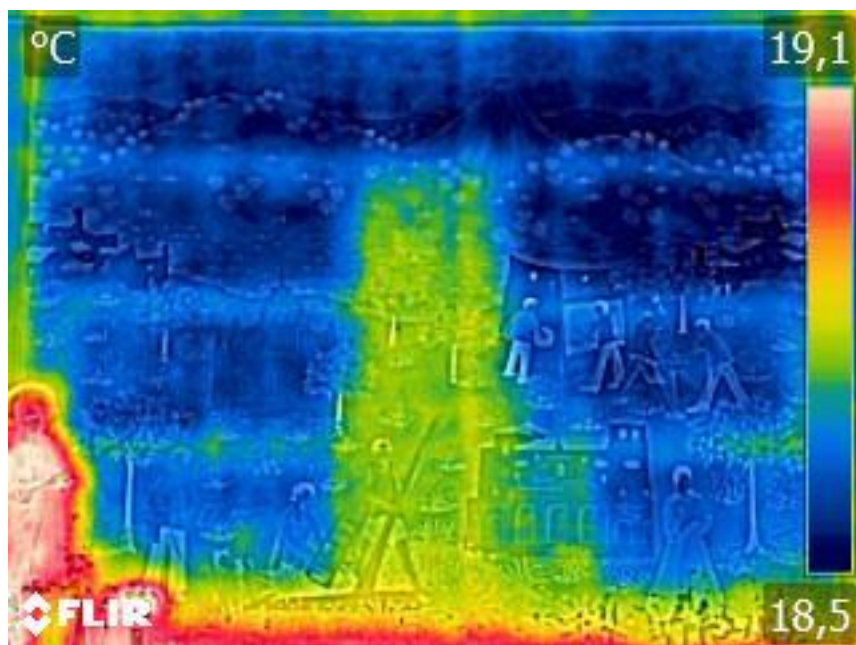


Figura 93: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:30 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

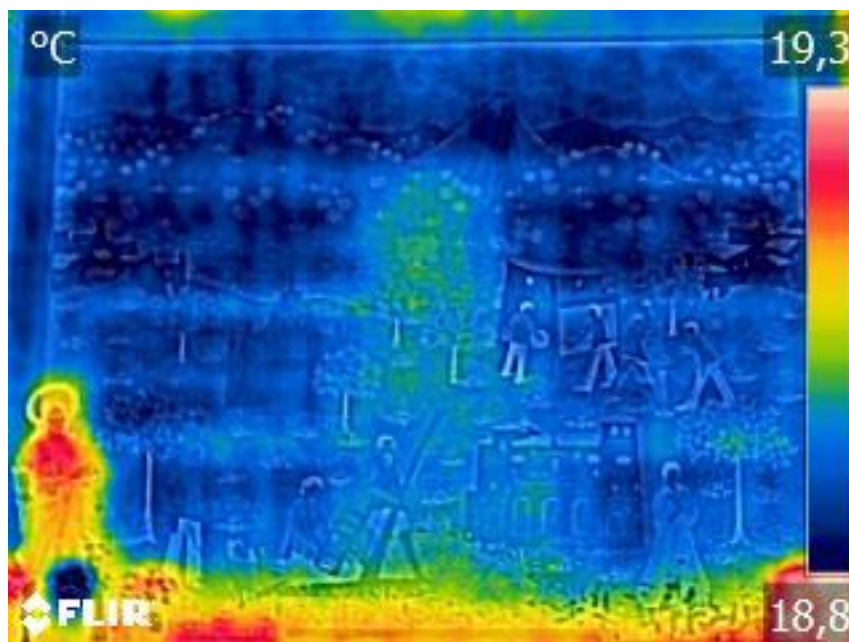


Figura 94: Fotografía infrarroja del muro 10. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 24 de abril de 2025 a las 16:40 horas.

Como se puede ver en estas 9 fotografías del muro 10, la variación a lo largo de los días de las temperaturas del muro va desde los 17,4°C hasta los 19,3°C. Esta diferencia de temperatura es entre el máximo de los datos hasta el mínimo de estos, pero si se compara en cada una de las fotos, se puede ver que la diferencia de temperatura en una misma imagen es mínima.

La diferencia de temperatura en los puntos de una misma imagen varía aproximadamente 0,6°C, una diferencia de temperatura bastante pequeña y que no da signos fiables de una existencia de humedad. De hecho, en el lugar donde se debería encontrar una humedad, previsiblemente, debida a la capilaridad, la temperatura es algo mayor, justo lo contrario a lo esperado, lo cual podría deberse a la existencia de la celosía la cual, al tardar más en enfriarse, transmite algo de calor a la pared.

9.3.4. Análisis de puntos notables de la ermita

En este apartado se van a analizar algunos puntos notables de la ermita, en los cuales es conveniente realizar un análisis de estos por separado.

9.3.4.1. Puentes térmicos

Los principales puentes térmicos de una edificación son las puertas, esquinas y ventanas.

9.3.4.1.1. Puertas

La ermita dispone de dos puertas, la puerta principal, que suele permanecer cerrada y la puerta lateral que permanece abierta en el horario de apertura, en el cual se pueden realizar la toma de imágenes.

En el caso de la puerta lateral, al permanecer abierta permite un mayor intercambio de temperatura lo que no permite un correcto desarrollo del puente térmico, además la toma de imágenes no se puede realizar sin mostrar la zona del exterior de la puerta. También al fotografiar esta zona existe una lámpara la cual emita calor y nos distorsiona la fotografía.

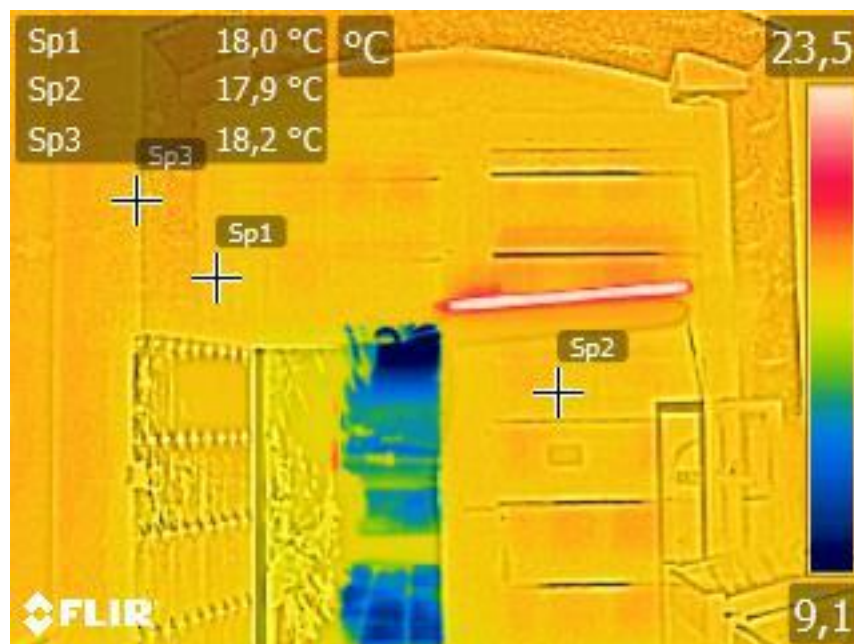


Figura 95: Fotografía infrarroja de la puerta lateral. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

Como se puede ver tanto en la propia imagen como en los puntos seleccionados, la diferencia de temperatura tanto del muro como de diversas partes de la puerta es muy pequeña, por tanto, no se van a obtener resultados concluyentes del análisis de este puente térmico.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Con respecto a la puerta principal existen dos casos claros, cuando el exterior es más frío que el interior, lo cual ocurre por la mañana, y cuando el exterior es más caliente que el interior, lo cual ocurre principalmente entrado el día y en horas de la tarde.

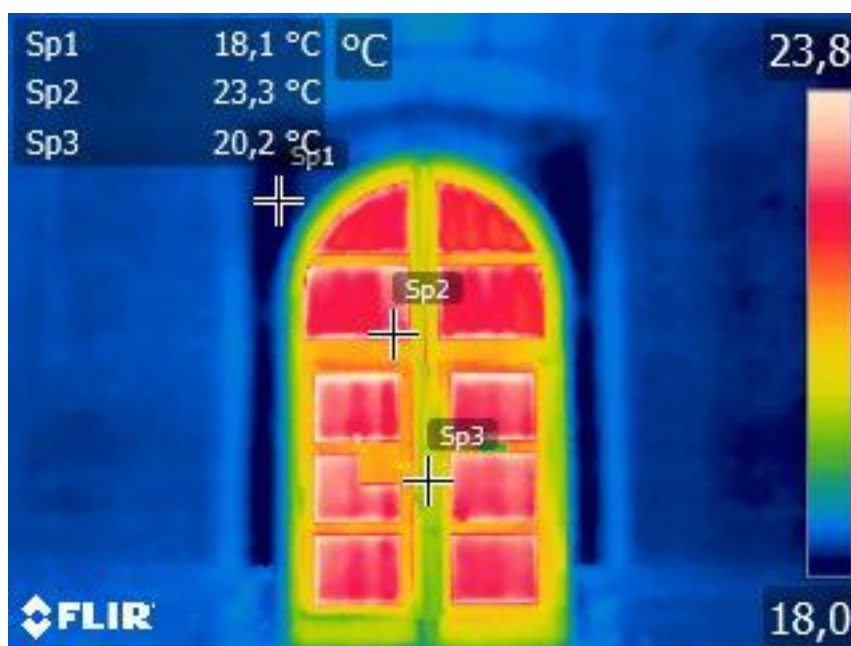


Figura 96: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la puerta principal de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.



Figura 97: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la puerta principal de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

En estas imágenes se pueden ver los dos casos y en ambos de ellos se observa como el calor se irradia de la pared a la puerta o viceversa. En la toma de datos de horario de tarde se puede ver que, al estar la puerta más caliente, podrían producirse condensaciones alrededor de esta, lo cual, si bien es cierto que en los casos analizados no ocurre, podría ocurrir en otros momentos del año donde se encuentren otras diferencias de temperatura.

Se puede ver en el caso en el que el muro se encuentra a mayor temperatura que la puerta, que la diferencia de temperatura y el gradiente de esta desde el muro hasta la puerta es más suave que en el caso contrario, es decir, es mayor la capacidad que tiene el muro de transmitir calor a la puerta que la capacidad que tiene la puerta de transmitir calor al muro.

9.3.4.1.2. Vidrieras

En el caso de las vidrieras, si bien es cierto que por la disposición de estas hace que cuando una de ellas se encuentra en una cara de la ermita donde da el sol, la otra vidriera se encuentre a la sombra, ambas se encuentran, a diferencia de la puerta, siempre más caliente que los muros que la rodean.

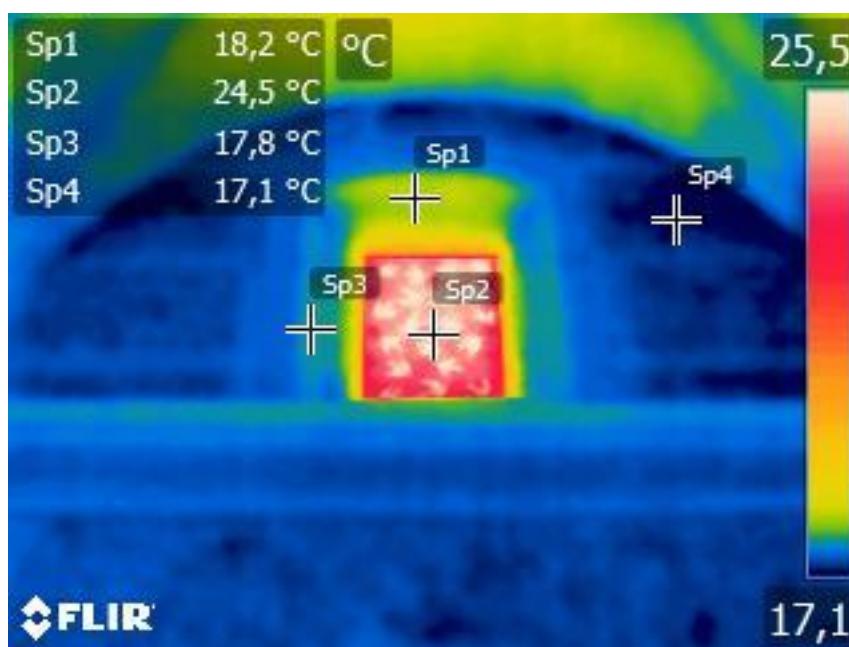


Figura 98: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

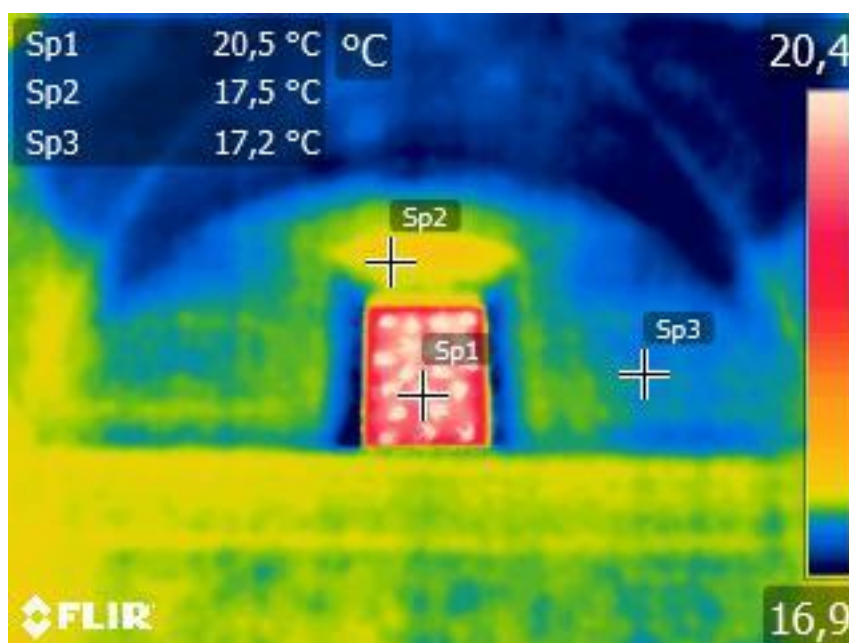


Figura 99: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

Como se puede ver, en ambos casos la temperatura del cristal es menor a la temperatura de la pared, se puede ver que la diferencia de temperatura es notable en ambos casos y depende de la radiación recibida por el sol, la temperatura exterior y las condiciones meteorológicas, en el caso de estas dos fotografías vemos que no hay una diferencia de temperatura tan notable como cabría esperar en este tipo de puentes térmicos de algo tan fino como un cristal, esto se debe a que aquel día estuvo nublado y por tanto el sol no pudo calentar el cristal lo suficiente.

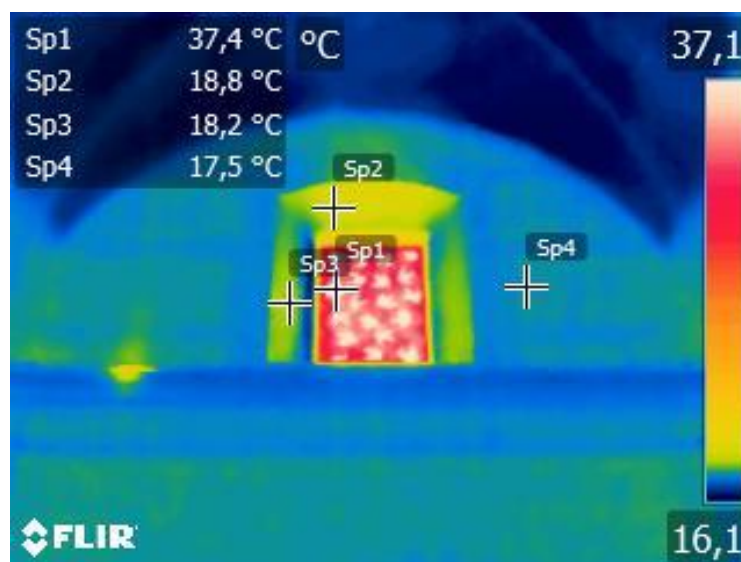


Figura 100: Fotografía de las diferentes temperaturas del puente térmico de la vidriera de la ermita.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 16 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

En este día soleado, la vidriera recibió directamente la radiación del sol y, por tanto, la temperatura de esta alcanza los 37,4°C.

9.3.4.1.3. Esquinas

Si bien es cierto que las esquinas suelen ser puntos donde ocurre una diferencia de temperatura que en algunos edificios es lo suficientemente notable como para poder considerar la existencia de un puente térmico, debido a los sistemas constructivos y materiales de la época, en este tipo de edificios no se encuentra este efecto en las esquinas.

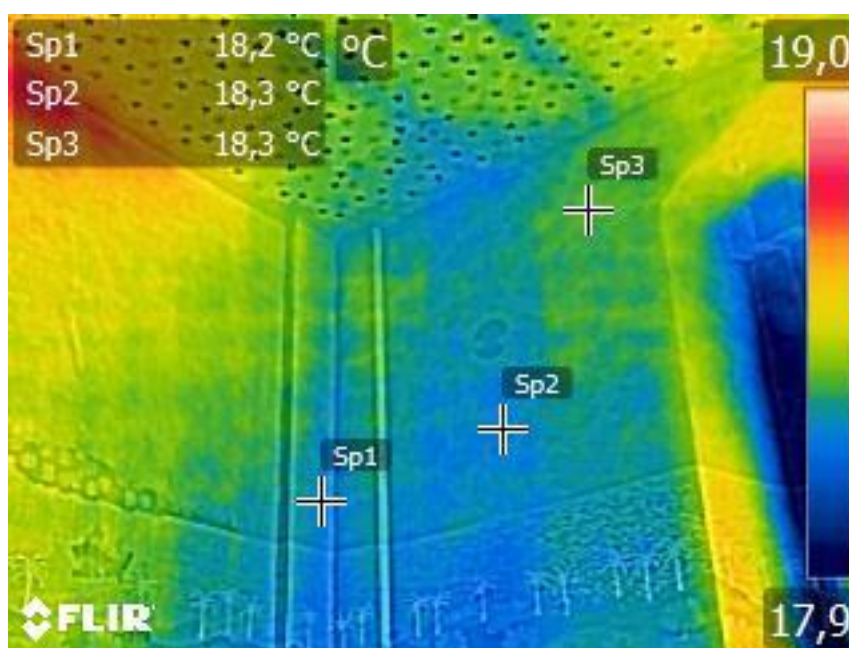


Figura 101: Fotografía de las diferentes temperaturas en la esquina superior entre el muro 1 y el muro 3.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

Como se puede ver, no existe una diferencia notable en la esquina como para realizar consideraciones concretas respecto a esta.

9.3.4.2. Otros puntos notables

En este apartado se van a analizar otros puntos notables que a simple vista no son posibles de ver pero que con el uso de la cámara infrarroja será posible analizarlo.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

9.3.4.2.1. Cubiertas

Primeramente, se pueden observar las cubiertas, que al ser de un espesor menor al de los muros es de esperar que tengan una mayor temperatura cuando la temperatura exterior es mayor a la interior, y menor temperatura en el caso contrario.

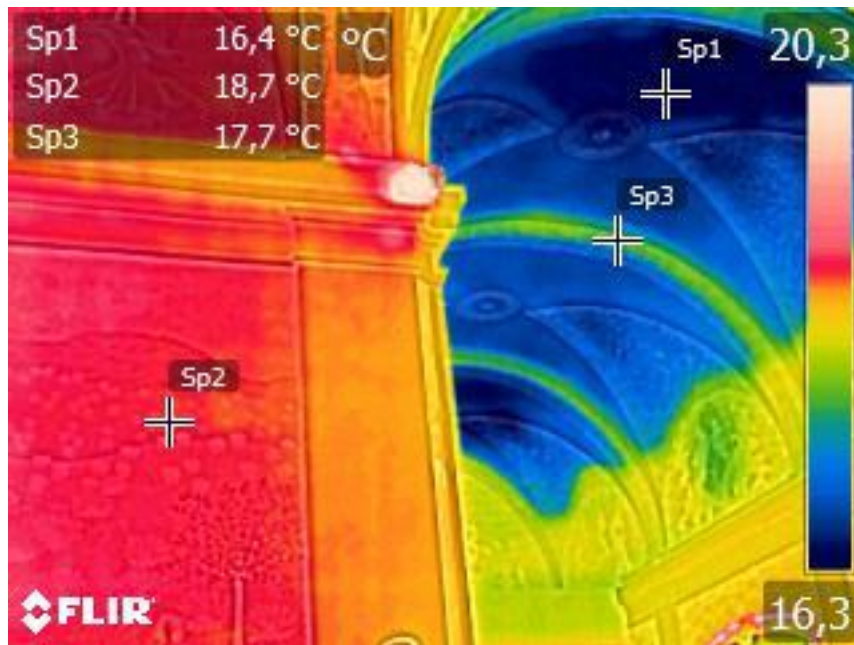


Figura 102: Fotografía de las diferentes temperaturas de la cubierta con respecto a los muros.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

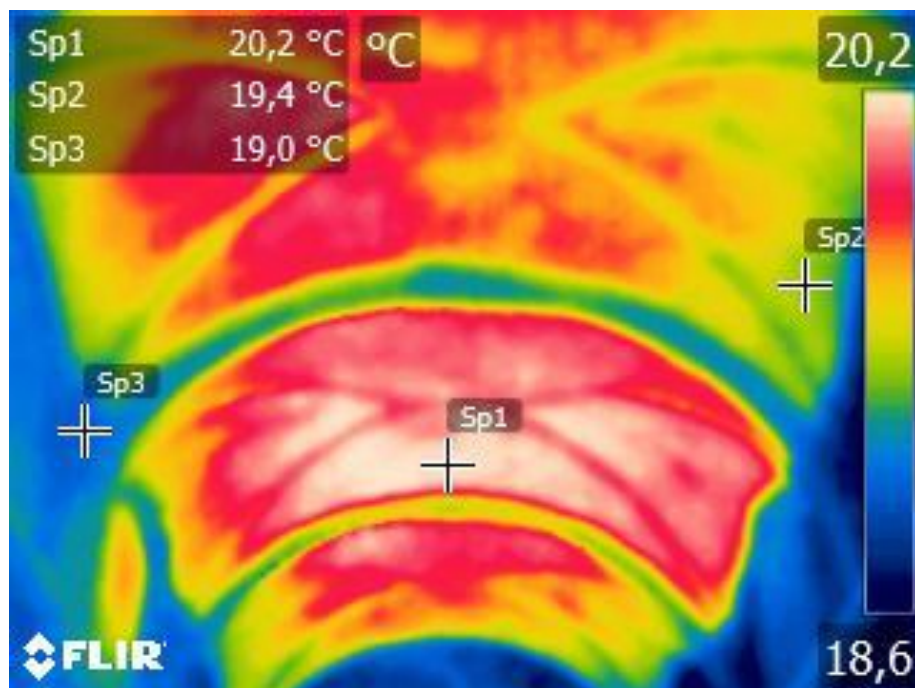


Figura 103: Fotografía de las diferentes temperaturas de la cubierta con respecto a los muros.
Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:50 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Como se puede ver en las imágenes, a mayor sea el espesor del elemento de la cubierta, menor temperatura tendrá este, en el caso de que la temperatura exterior sea mayor a la interior. Esto también ocurre con efecto contrario en el caso contrario. Es decir, se puede ver el efecto que los ornamentos del techo de la ermita tienen en la temperatura de este. Todo lo que se observa en este análisis es algo esperable.

9.3.4.2.2. Muro 4.

El muro 4 posee una particularidad y es que tiene una cavidad en la cual se alojan figuras religiosas, esta cavidad en el muro disminuye el ancho de este lo que permite que el calor se transmita más fácilmente en esta zona al igual que ocurre con la cubierta.

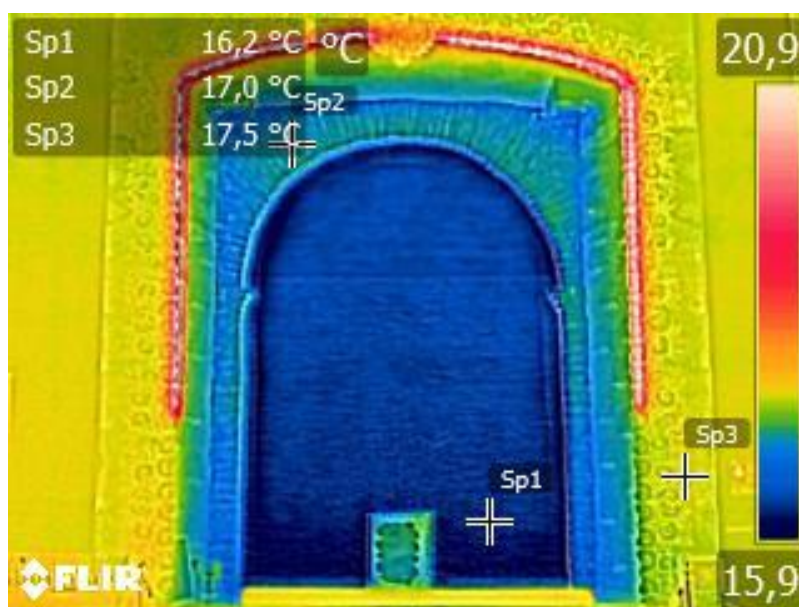


Figura 104: Fotografía infrarroja del muro 4.

Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 17 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

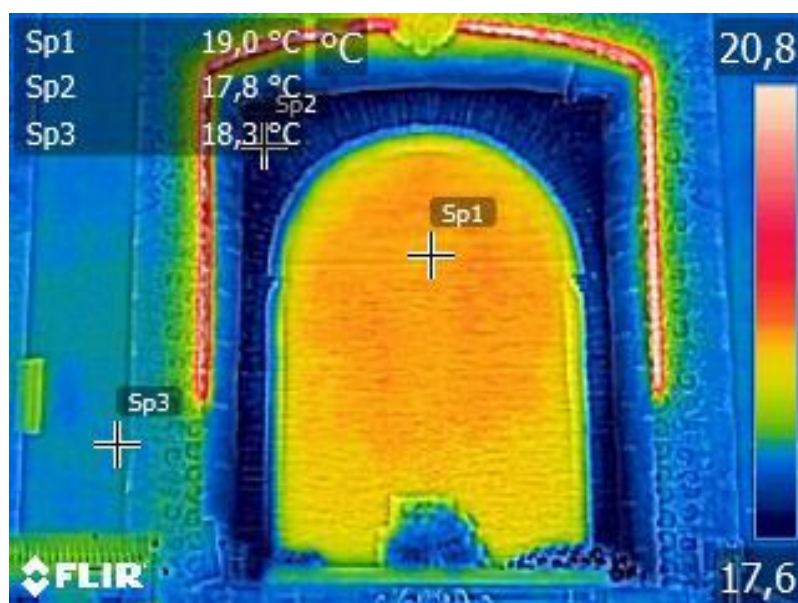


Figura 105: Fotografía infrarroja del muro 4.

Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 13 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

A partir de estas imágenes se obtienen las mismas conclusiones que obtenemos analizando la cubierta.

9.3.4.2.3. Puntos singulares de temperatura diferente a la esperada

En las cubiertas, principalmente las de las alas laterales se pueden ver puntos cuya temperatura no es la esperada para el lugar donde se encuentra.

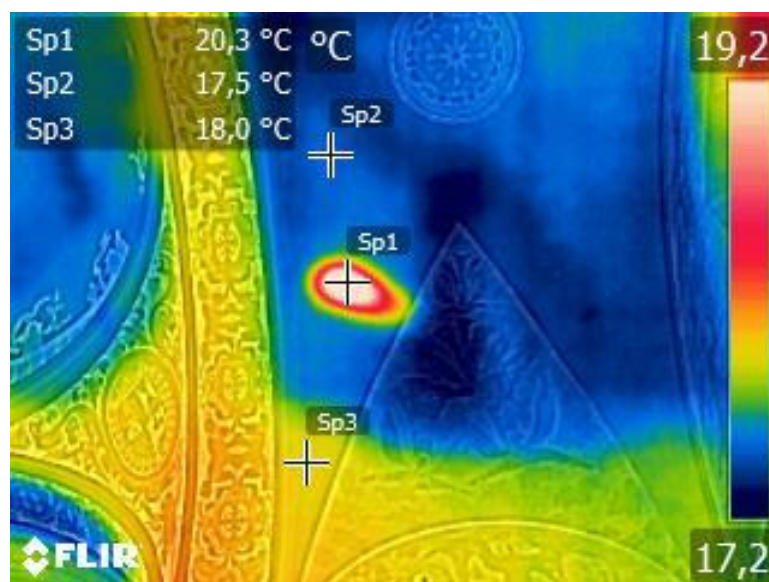


Figura 106: Fotografía de un punto singular de la cubierta.

Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

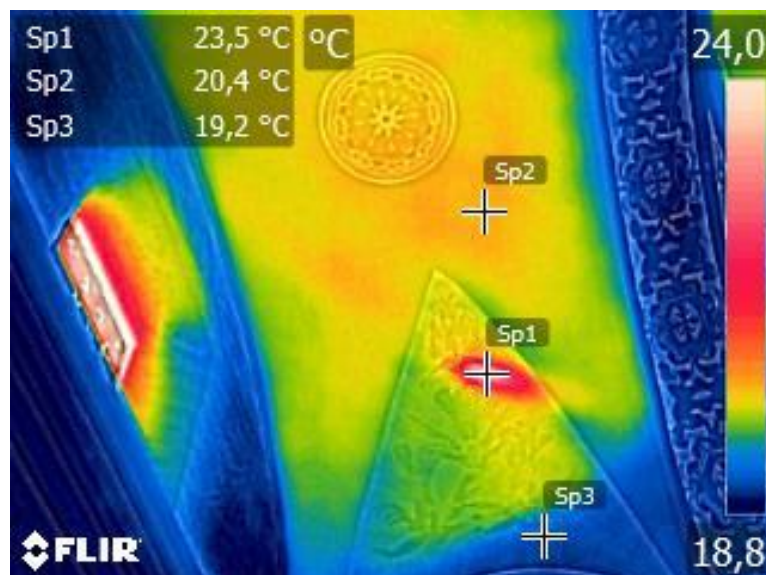


Figura 107: Fotografía de un punto singular de la cubierta.

Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 23 de abril de 2025 a las 16:50 horas.

Como se puede ver, en ambas fotografías se pueden encontrar puntos singulares en los cuales la temperatura es llamativamente mayor a la zona donde se encuentran. Estos puntos no reciben luz directa en el momento de la toma de la fotografía, lo que nos deja dos posibles interpretaciones. O ese punto concreto recibe durante ciertas horas del día luz solar reflejada, calentándolo, o puede que exista una zona de la cubierta donde ocurra un puente térmico en el que se transmita el calor. Para analizar esto, habría que estudiar la geometría de la cubierta exterior con un análisis más exhaustivo.

9.3.5. Análisis de imágenes térmicas utilizando la alarma “Humedad”

El programa FLIR Tools, posee una herramienta en forma de alarma la cual es extremadamente útil para nuestro estudio, esa es la alarma “Humedad”. Una alarma en el programa FLIR Tools funciona de manera similar a una paleta, salvo que en ella se representa una condición indicada y el resto de los elementos aparecen en escala de grises. En este caso como a la hora de tomar las fotografías se ha configurado con parámetros de temperatura interior y humedad relativa interior, el programa automáticamente realiza los cálculos y muestra con un color el lugar en el cual se encuentran o están ocurriendo las humedades.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 108: Fotografía infrarroja del muro 3 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 20 de abril de 2025 a las 15:40 horas.



Figura 109: Fotografía infrarroja del muro 5 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 24 de abril de 2025 a las 17:00 horas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).



Figura 110:Fotografía infrarroja del muro 10 con la alarma “Humedad”. Fuente: Realización propia con cámara infrarroja FLIR E75 el día 15 de abril de 2025 a las 10:00 horas.

Como se puede ver en las imágenes no se producen humedades en ninguna de las zonas del muro ya que todas estas son imágenes monocromáticas.

Se puede ver en este estudio, que no aparecen humedades activas que se encuentren evaporándose en este momento, por tanto, se podría decir que en los instantes en los que se ha tomado la fotografía no se encuentran signos de humedad.

Esto no indica exactamente que no existan humedades en el interior de los muros o que se produzcan en otros momentos, solo indica que estas no se encuentran activas en el momento de la toma de las fotografías.

10. Anexo IX: Análisis de elementos constructivos con el programa THERM

El programa THERM es un programa diseñado por Lawrence Berkeley National Laboratory. Este programa fue creado para diseñar y analizar casos prácticos de puentes térmicos, así como del estudio de comportamiento de elementos constructivos con respecto a las diversas temperaturas tanto en el interior como en el exterior de estos.

Para realizar este análisis primero es necesario diseñar la geometría de aquello que se quiere estudiar, posteriormente, se eligen los materiales y propiedades de estos a aplicar en cada una de las diferentes geometrías a analizar. Se seleccionan las condiciones de contorno de cada una de las partes de esta geometría y finalmente se calcula y muestran los resultados.

En este caso se va a utilizar este programa para analizar tanto los muros y su comportamiento como de los principales puentes térmicos, en este caso, una puerta y una vidriera.

Como se comentó en apartados anteriores, las esquinas son también zonas en las que nos encontramos distintos puentes térmicos, sin embargo, en este tipo de edificios históricos tan masivos, no encontramos nada especial a analizar en estas.

10.1. Análisis con el programa del muro

Primeramente, se va a analizar los muros que componen la ermita, estos muros son macizos, sin la existencia de cámaras de aire u otras técnicas modernas de construcción, estos edificios son masivos, ya que, al no existir sistemas de cálculo o técnicas de construcción avanzadas en la construcción de ermita, la forma de asegurar que esta se tuviera en pie era sobredimensionar extremadamente el ancho de los muros. Es por esto por lo que se puede llegar a encontrar muros que son de casi un metro de ancho.

Como se comentó anteriormente, esta construcción está compuesta principalmente por dos elementos, ladrillos macizos y mortero. Los ladrillos son macizos, común en otras construcciones de la época. El mortero está compuesto posiblemente de cal, aunque el comportamiento térmico varía poco si fuese de cemento. Este mortero se administra en grandes cantidades, en una proporción casi similar a la del ladrillo. Los materiales utilizados no siguen los estándares actuales en cuanto a dimensiones, sobre todo de los ladrillos. Las dimensiones de los elementos constructivos, para un muro tan masivo, no van a ser de gran

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

importancia para el comportamiento térmico de este, por lo que se realizará un estudio aproximado.

Los ladrillos del muro se encuentran dispuestos en capas en las cuales, la dirección de estos es alterna, es decir, unos ladrillos se encuentran apuntando en una dirección, y otros en la dirección perpendicular a los primeros.



Figura 111: Fotografía de la disposición de los ladrillos en la iglesia veleña de Santa María. Fuente: Página oficial de la Diputación de Málaga.

Se van a realizar dos análisis térmicos a estos muros, basados en dos cortes, ambos transversales a este, uno horizontal y otro vertical.

10.1.1. Corte Horizontal

Para este corte, se ha considerado hacer un corte que atraviese los ladrillos, ya que, en diferentes alturas del muro, entre capas de ladrillo y ladrillo, nos encontramos con capas en las que solamente hay mortero.

En la siguiente imagen se puede ver la descomposición del corte al muro, realizada con el programa THERM:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

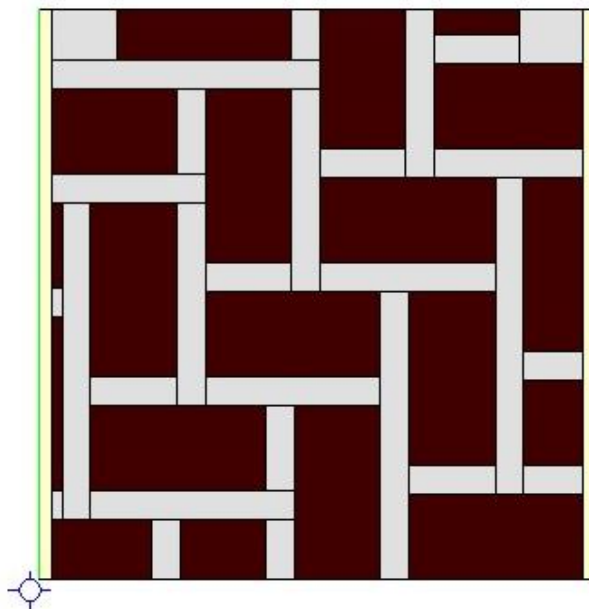


Figura 112: Descomposición del corte en planta del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

En el lado izquierdo del muro se encuentra el exterior de la ermita, el cual se encuentra a una temperatura de $21,1^{\circ}\text{C}$, mientras que el derecho es el interior de la ermita a $17,6^{\circ}\text{C}$.

El material de color marrón representa los ladrillos el cual tiene una conductividad de $0,85 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, mientras que el gris es el mortero cuya conductividad es de $0,55 \text{ W/m}^{\circ}\text{k}$. Finalmente en color beige se representa una capa de yeso de conductividad $0,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$. [35]

Una vez se encuentran todos estos datos introducidos en el programa, se procede a calcular y se obtiene la siguiente distribución de temperaturas:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

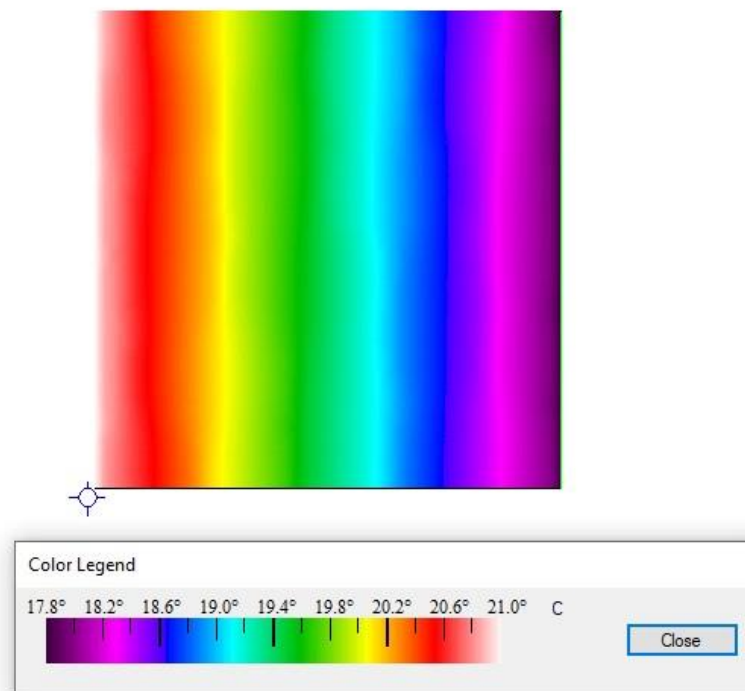


Figura 113: Distribución de temperaturas del corte en planta del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

Como se puede ver, la distribución de la temperatura a lo largo del muro es muy uniforme. Se pueden ver reflejadas, si se observa detalladamente, ciertas zonas donde se nota la diferencia entre las conductividades de los materiales, representada como una pequeña diferencia entre la temperatura de este punto y de puntos cercanos en los que se encuentra otro material.

El programa también permite observar la posible existencia de condensaciones, marcando en color amarillo el borde del muro donde estas se produzcan, en este caso, se puede ver que no ocurren estas condensaciones.

10.1.2. Corte Vertical

Al igual que el corte horizontal, también se va a realizar un corte vertical transversal al muro, en el cual se verá la disposición de los elementos de este.

En este caso, este muro, siendo tan alto, puede provocar problemas a la hora de diseñarlo en el programa. Por tanto, se va a tomar una zona de este, ya que el comportamiento va a ser muy similar en el resto.

En la siguiente imagen se va a mostrar la descomposición vertical del muro, realizada por el programa THERM:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

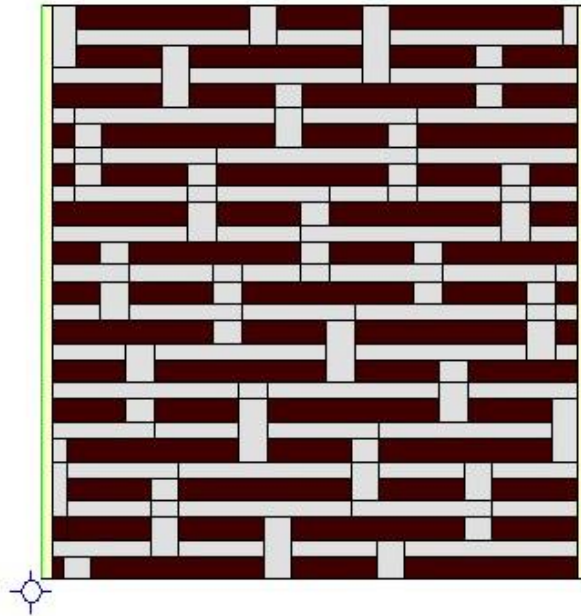


Figura 114: Descomposición del corte vertical del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

Los materiales y condiciones aplicadas para este caso son iguales a las existentes del caso anterior.

Tras la realización del cálculo se obtiene la siguiente distribución de temperaturas:

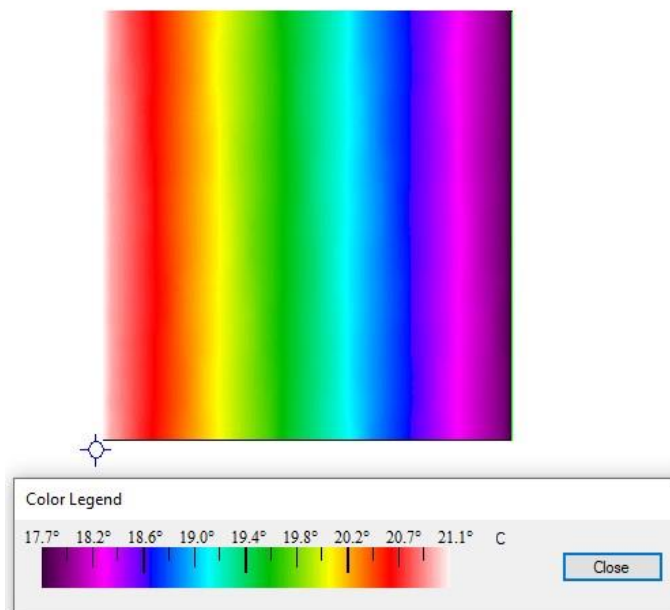


Figura 115: Distribución de temperaturas del corte vertical del muro. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Como se puede ver, la distribución de temperatura es muy regular, al igual que en el caso anterior. Incluso se puede ver que no existen estas pequeñas variaciones debidas a los materiales como sí se pudo ver en el caso anterior.

En este caso, al referirse a una misma pared con respecto al apartado anterior, tampoco aparece la posible existencia de condensaciones en esta.

10.2. Análisis de los principales puentes térmicos

Las principales zonas en las que se va a analizar el análisis del puente térmico son la puerta principal y una vidriera, analizando estos dos elementos, el comportamiento de la otra vidriera y puerta es similar a sus contrapartes analizadas.

10.2.1. Puerta Principal

Al igual que en el caso de los muros, el primer paso es indicar la geometría, materiales y condiciones interiores y exteriores. Las temperaturas, tanto interior como exterior, serán las mismas que las indicadas en el apartado referido al muro. Los materiales y la geometría se ven indicados en la siguiente imagen:



Figura 116: Descomposición de la sección de planta de la puerta principal. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

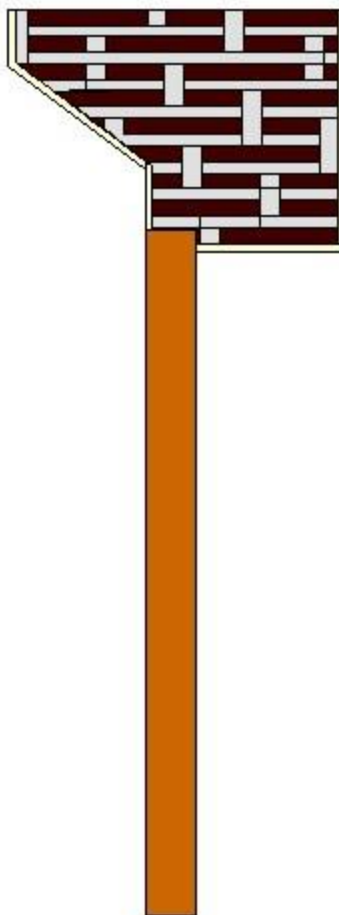


Figura 117: Descomposición de la sección de perfil de la puerta principal. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

Los materiales de la pared son los mismos que los indicados en los apartados anteriores, mientras que la puerta, que se encuentra representada por un color marrón anaranjado, está compuesta por madera cuya conductividad es de 0,23 W/m*k. [35]

En la siguiente imagen se va a mostrar la distribución de temperatura de esta zona de la puerta:

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

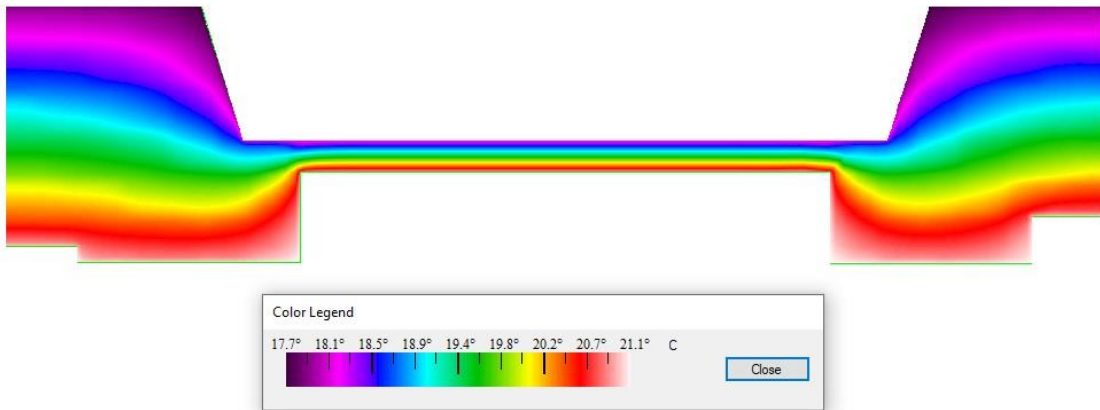


Figura 118: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

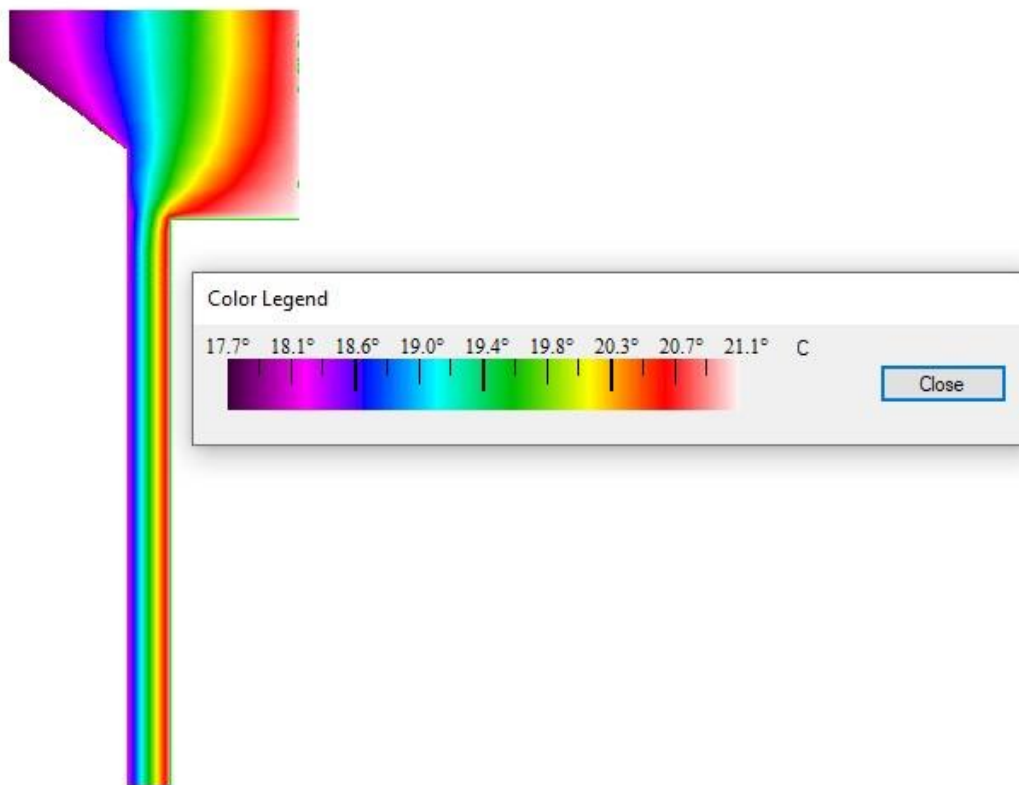


Figura 119: Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

Se puede ver el efecto que tiene la puerta de la ermita sobre la distribución de temperatura. Se nota como en la zona en la cual se encuentra el marco de la puerta y el encuentro de esta con la pared, se pueden observar alteraciones en la distribución de temperatura. Principalmente en la zona interior se ve un salto en la distribución de las bajas temperaturas y un pequeño puente térmico antes de alcanzar la esquina.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Sin embargo, la temperatura de la puerta suele ser mucho mayor que la del resto de paredes, por tanto, se va a analizar una distribución de temperatura más realista de esta, teniendo en cuenta que la temperatura interior de la puerta es de 28,5 °C y la exterior es de 45°C.

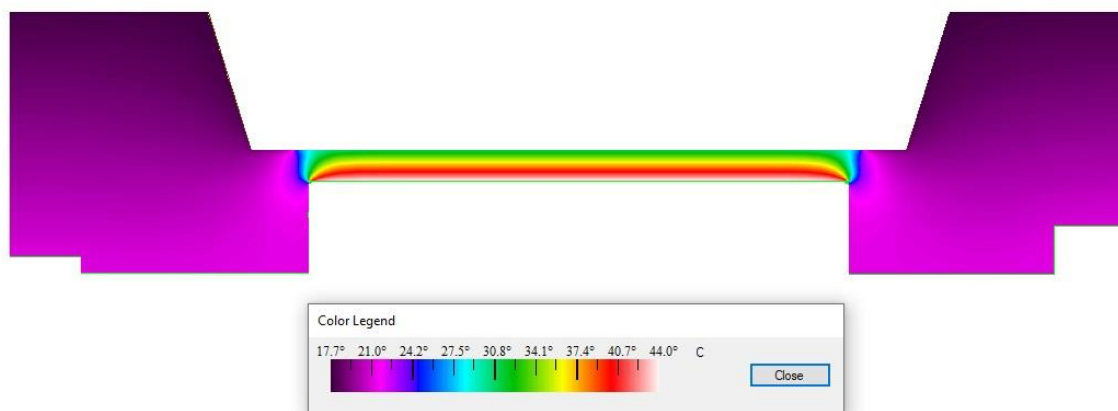


Figura 120: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita con temperaturas en la puerta. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

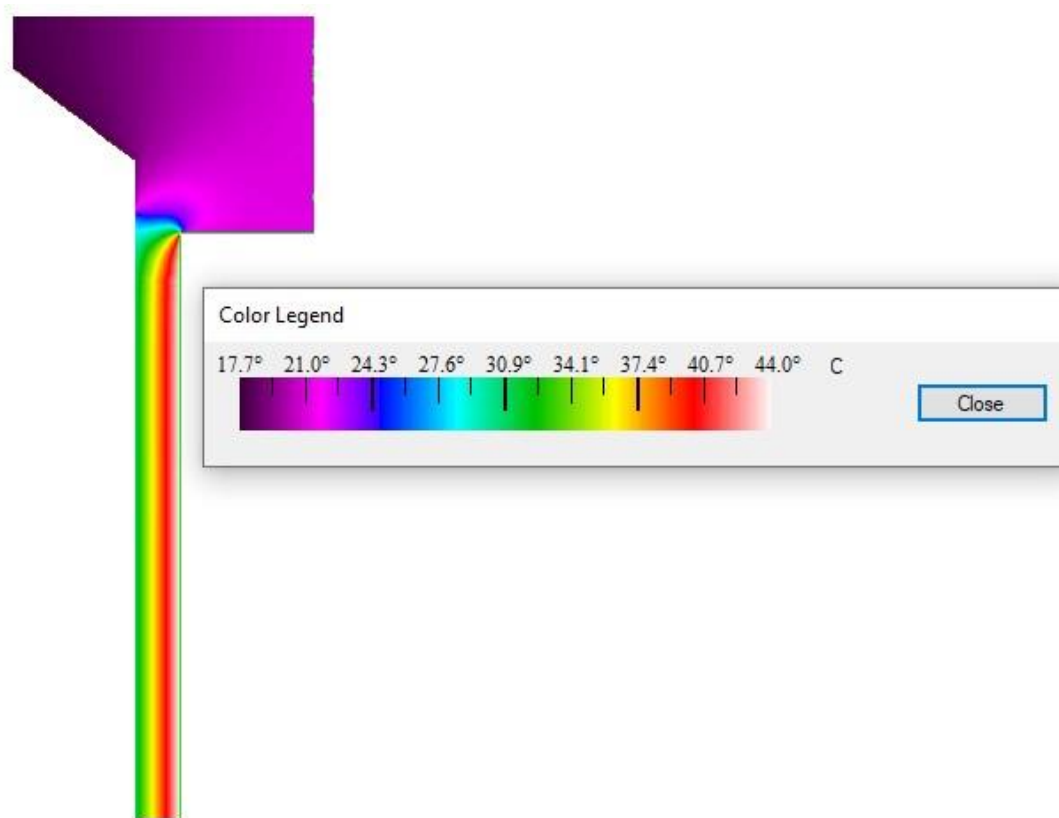


Figura 121 Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita con temperaturas en la puerta. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Se puede ver que al ser tan grande la temperatura en la puerta, la temperatura en el resto de los elementos se ve con un color que solamente se encuentra en el gradiente entre el rosa y el morado. Por tanto, no se puede realizar un análisis exhaustivo de la temperatura de estos muros con estos valores.

Se va a simular finalmente la existencia de una zona de puente térmico en uno de los lados de la puerta, para ello, se modificará el material del que está compuesto algunos de los elementos, por uno llamado “Puente” con mayor conductividad térmica.



Figura 122: Descomposición de la sección de planta de la puerta principal de la ermita con simulación de puente térmico. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

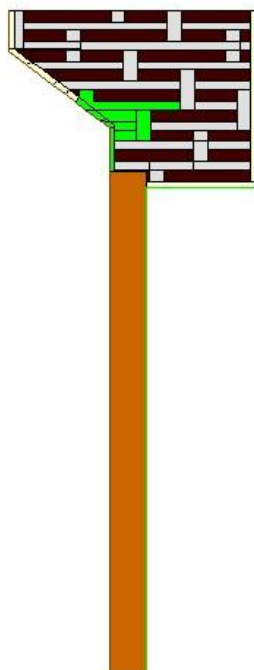


Figura 123: Descomposición de la sección de perfil de la puerta principal de la ermita con simulación de puente térmico. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

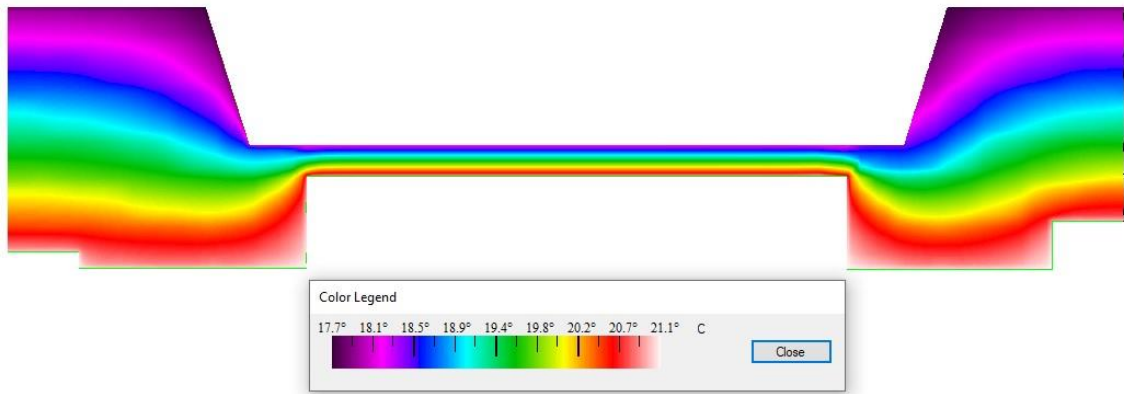


Figura 124: Distribución de temperaturas en la sección de planta de la puerta de la ermita con simulación de puente. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

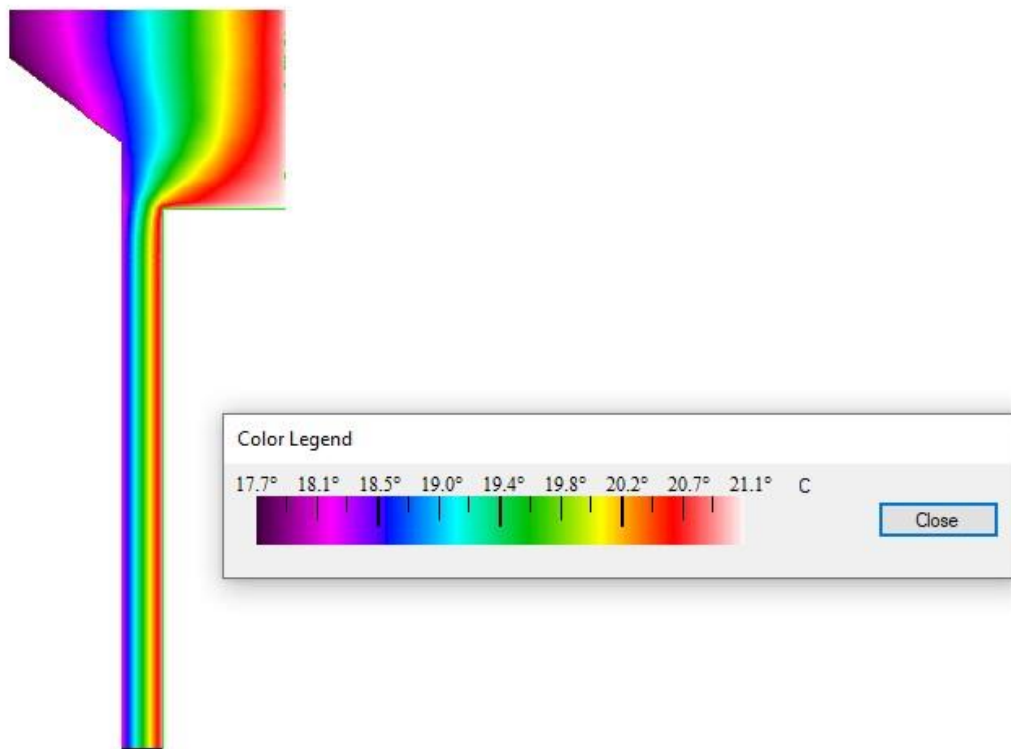


Figura 125: Distribución de temperaturas en la sección de perfil de la puerta de la ermita con simulación de puente. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

Como se puede ver en la distribución de temperatura existe un puente térmico en el lado derecho de la puerta. Se puede ver incluso la forma de los elementos constructivos que han sido modificados para ponerlos como puente térmico, se puede mostrar como existe una distribución de las temperaturas, sobre todo las bajas, que hacen que la temperatura, de la zona interior, en la que se produce el puente térmico sea menor.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Se puede ver como en este caso, aunque se produce el puente térmico, no se producen condensaciones, lo que es de esperar, pero puede ser posibles que estas existan ante otras condiciones de temperatura.

10.2.2. Vidriera

Otro de los elementos a analizar en este estudio son las vidrieras, en este caso estas vidrieras tan antiguas son de vidrio común, sin cámara de aire ni aislamiento especial. En la siguiente imagen se puede ver la disposición de los elementos en la vidriera:

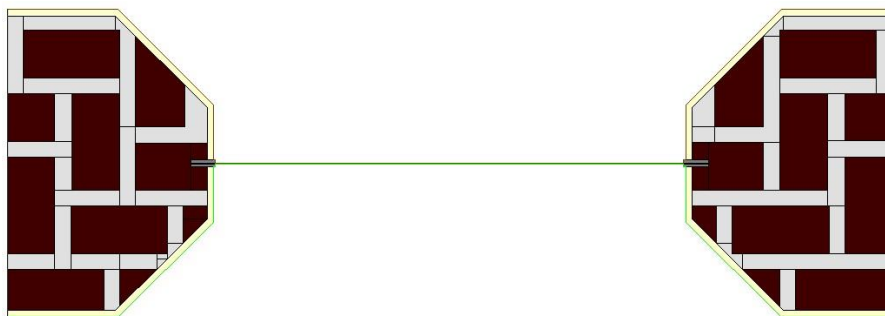


Figura 126: Descomposición de la sección de planta de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

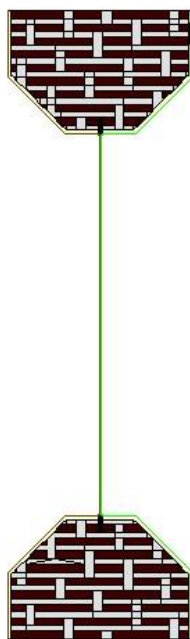


Figura 127: Descomposición de la sección de perfil de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Es complejo ver la existencia del cristal de la vidriera, debido a lo fino que es este, aquí se puede ver un detalle de este:

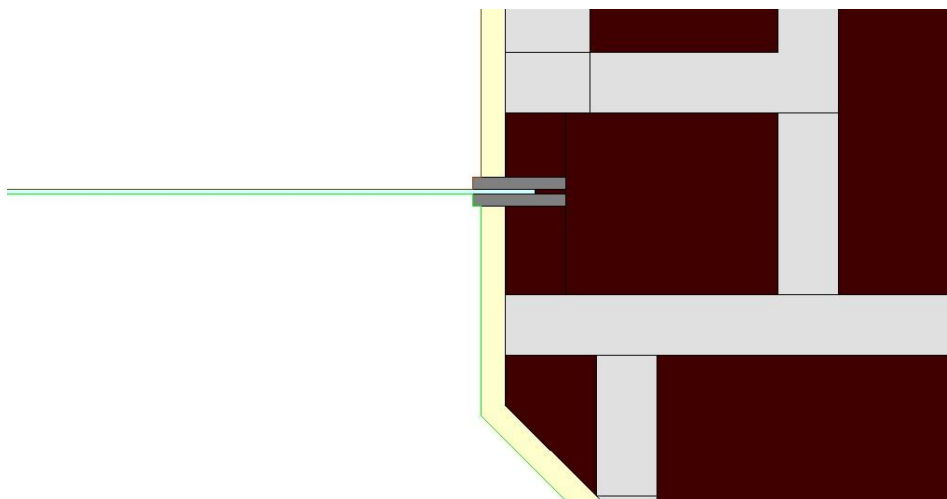


Figura 128: Detalle de la descomposición de la sección de planta de la vidriera. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

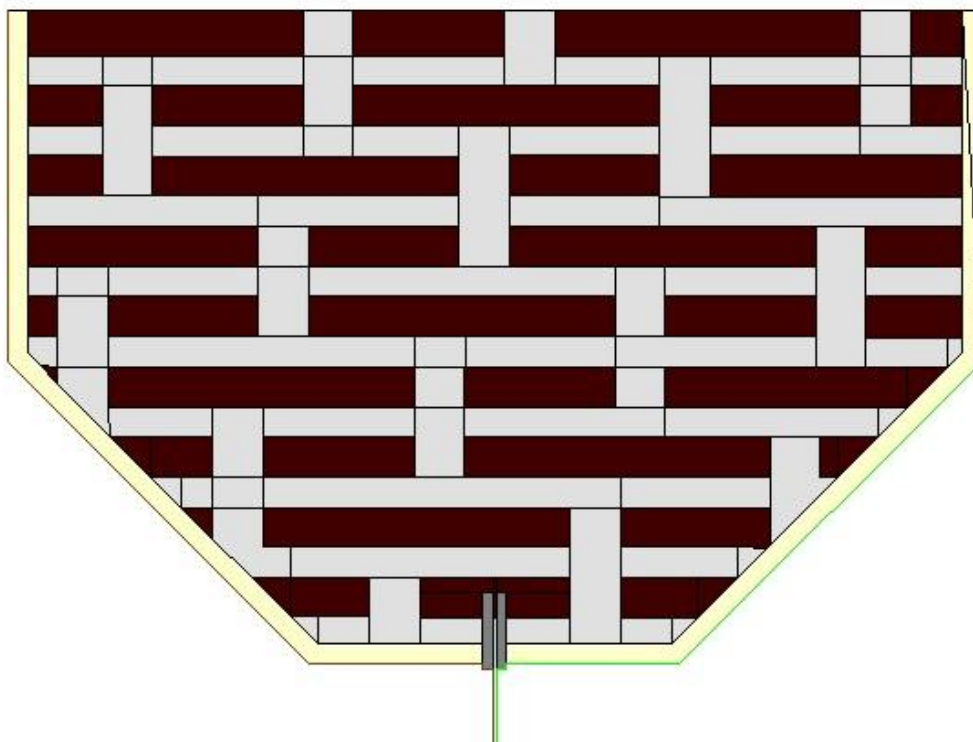


Figura 129: Detalle de la descomposición de la sección de perfil de la vidriera. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Como se puede ver, los materiales del muro son los mismos a los utilizados anteriormente, mientras que el marco de la vidriera está compuesto de hierro de fundición, cuya conducción es de $50 \text{ W/m}^2\text{K}$ y el cristal de la vidriera tiene una conductividad de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. [35]

En esta imagen se puede observar la distribución de temperatura con los mismos datos tomados en apartados anteriores:

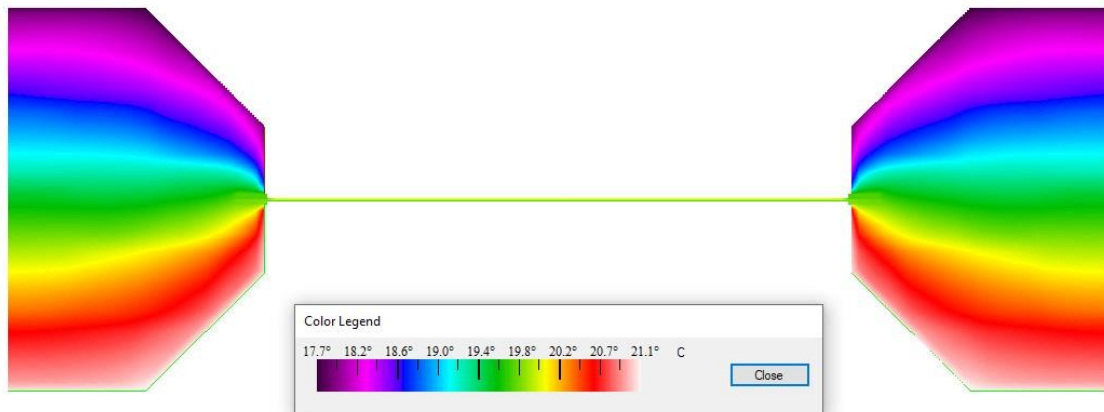


Figura 130: Distribución de la sección de planta de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

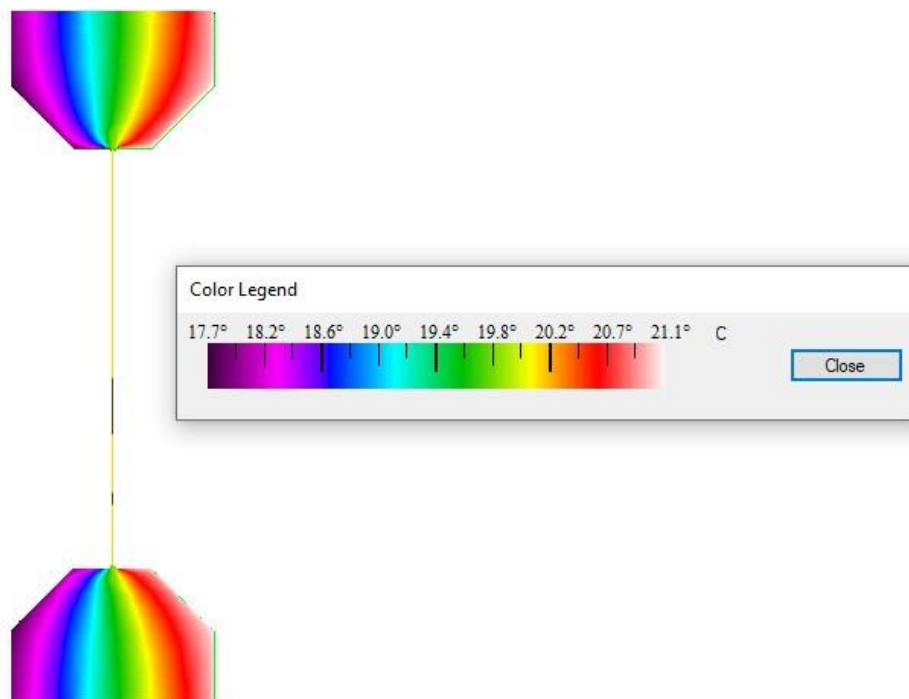


Figura 131: Distribución de la sección de perfil de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

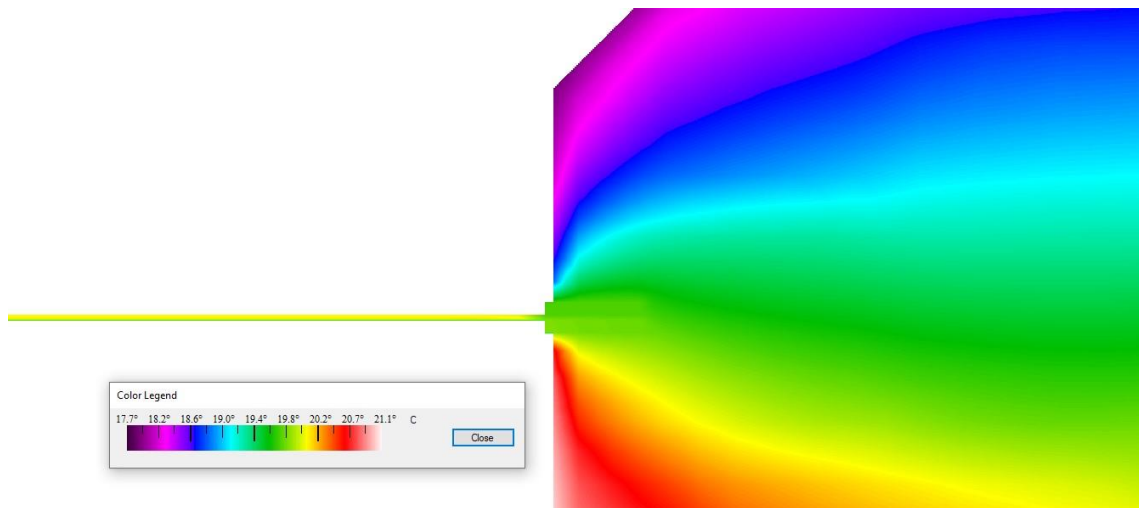


Figura 132: Detalle de la distribución de la temperatura de la sección de planta del marco de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

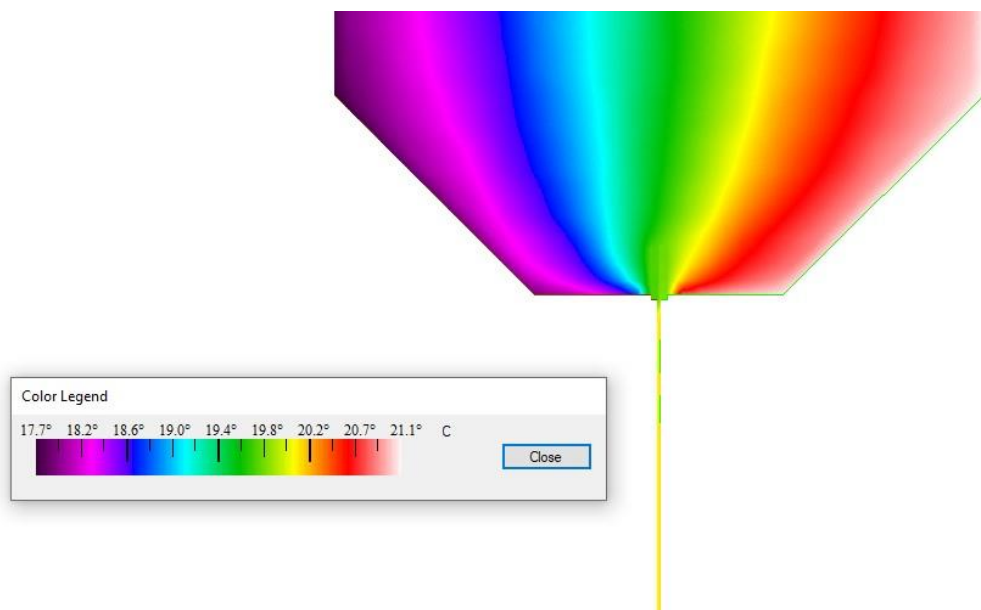


Figura 133: Detalle de la distribución de la temperatura de la sección de perfil del marco de la vidriera de la ermita. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

En este caso se puede ver claramente el puente térmico que se forma especialmente en el marco de la vidriera, en el que es posible incluso ver la forma de este.

Para este caso se debe tener también en cuenta la temperatura de la vidriera en caso reales, siendo uno de esto, por ejemplo, el valor del interior de la vidriera de 30,8°C y el del exterior 26,6°C, ya que en los casos en los que se ha tomado la medida de la temperatura de la vidriera, el interior de esta suele estar más calientes. Estos dos datos son como todos los anteriores, algo orientativo.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

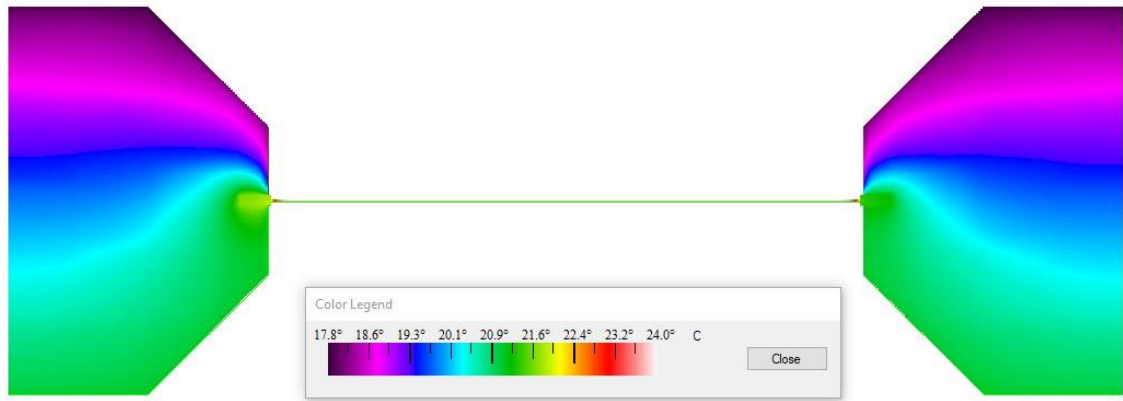


Figura 134: Distribución de la zona de la vidriera de la ermita con temperaturas reales. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

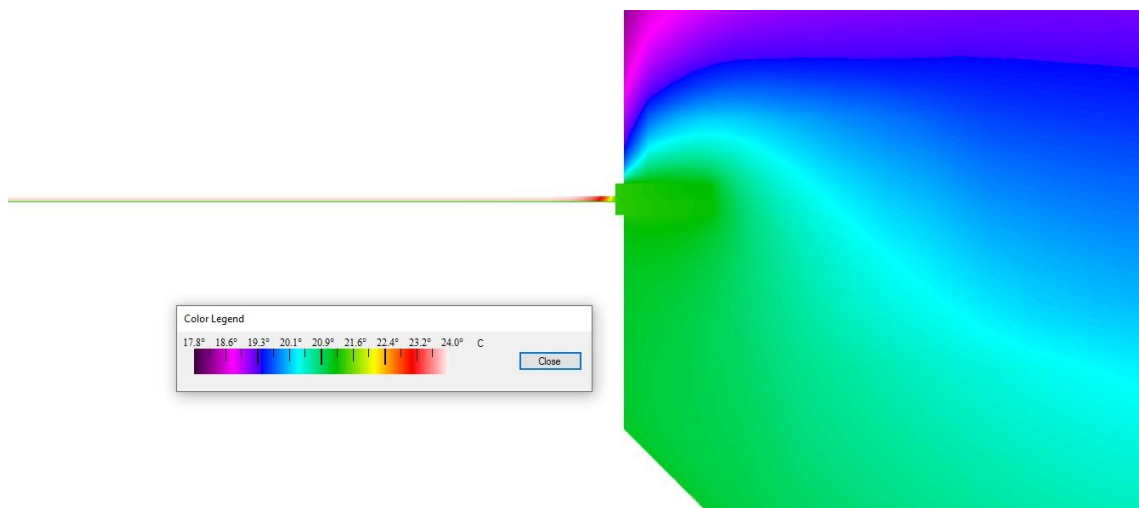


Figura 135: Detalle de la distribución de la temperatura del marco de la vidriera de la ermita con temperaturas reales. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

En estas imágenes se puede ver tal y como ocurrió con la puerta, que existe un problema con la escala, ya que por comparación se pierdes parte del gradiente de temperatura en los muros, aun así, el puente térmico de la vidriera sigue siendo fácilmente reconocible. Como se puede ver, estas altas temperaturas solo se alcanzan en la zona del cristal y marco de la vidriera. En este caso, el hierro que compone el marco de la vidriera transmite el calor hacia el interior del muro.

Finalmente, al igual que en la puerta, se va a crear una zona de puente térmico con mayor conductividad.

Para este caso, se usará el mismo material “Puente” que se utilizó en el caso de la puerta.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

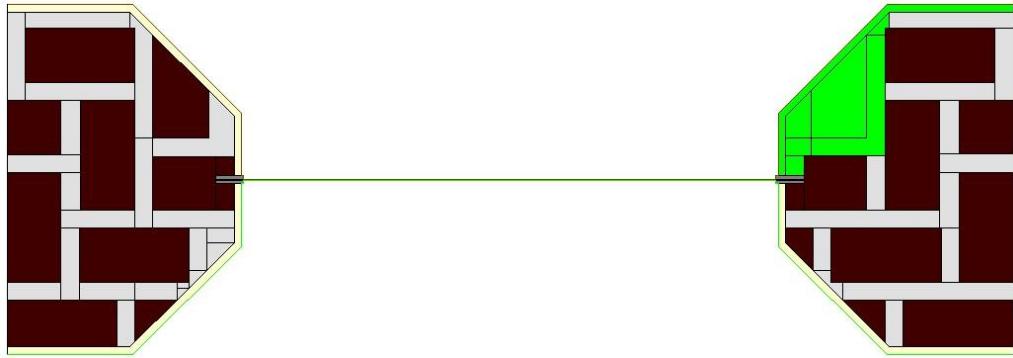


Figura 136: Descomposición de la sección de planta de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

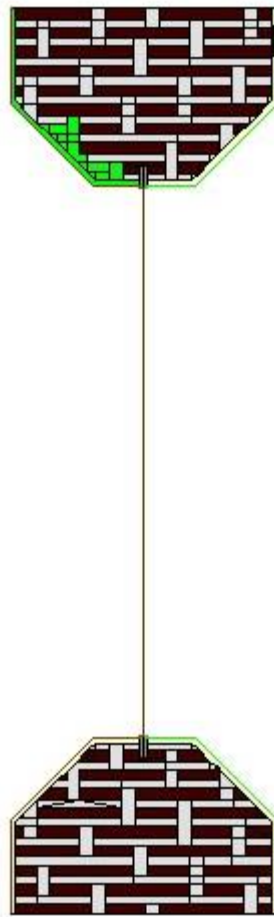


Figura 137: Descomposición de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Se va a utilizar la misma temperatura que para el resto de los muros a la hora de realizar la distribución de temperaturas:

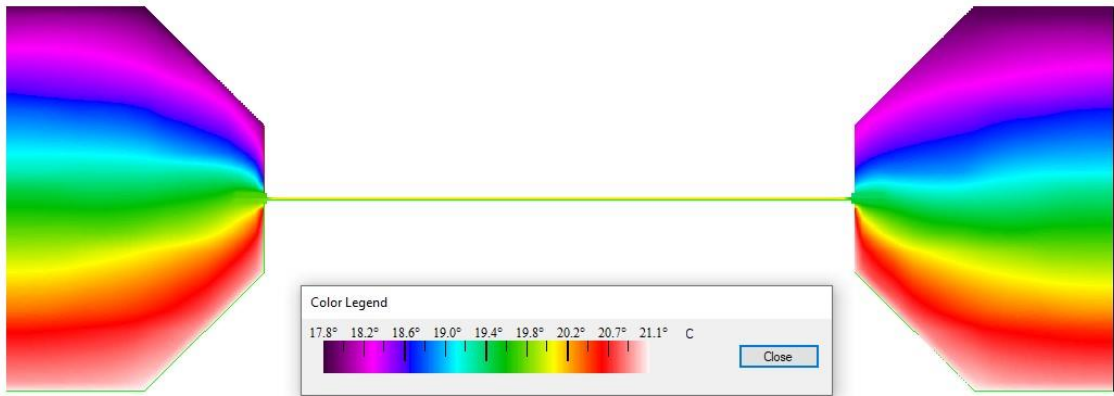


Figura 138: Distribución de temperatura de la sección de planta de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

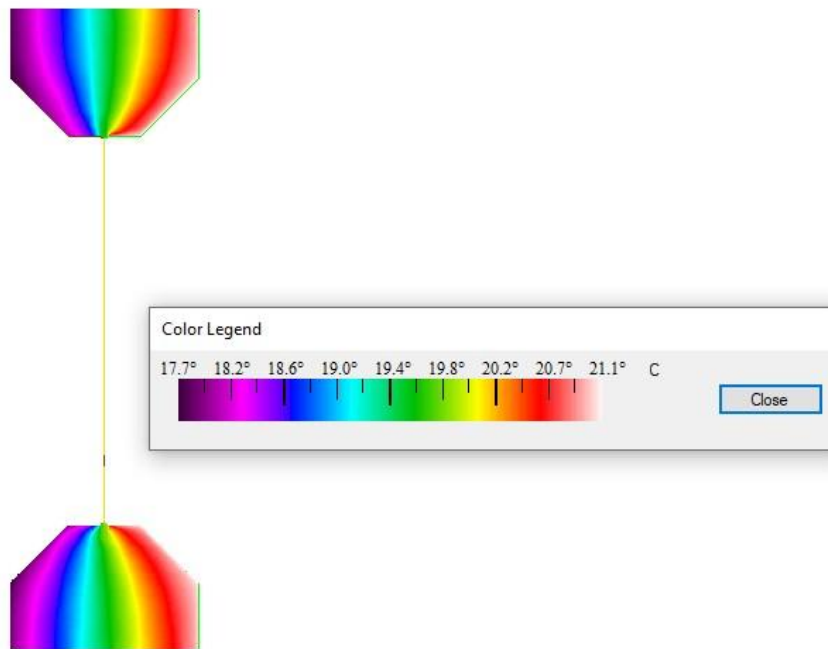


Figura 139: Distribución de temperatura de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

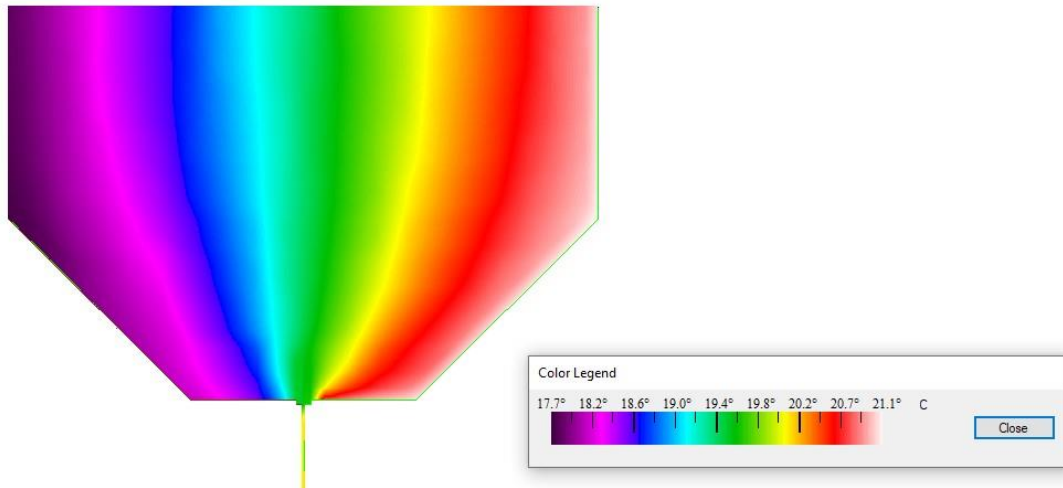


Figura 140: Detalle de la distribución de temperatura de la sección de perfil de la vidriera de la ermita usando el material “Puente”. Fuente: Realización propia con el programa THERM.

En este caso se puede ver que el material “Puente”, si bien produce una diferencia entre la zona donde se aplica y donde no, vemos que en este caso es más significativo el propio marco de la vidriera que el puente térmico que hemos creado.

Finalmente, cabe indicar, que el programa no nos indica la posibilidad de producción de condensaciones en ninguno de los casos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

11. Anexo X: Desarrollo de Resultados y Conclusiones

Tras todo el análisis realizado en los diversos estudios, se puede ver que, en los momentos analizados tanto por la cámara infrarroja, como por el estudio psicrométrico, no se encuentran grandes diferencias de temperaturas entre el ambiente y los muros o entre distintas partes de un muro. Esto indica que en estos momentos no se encuentran las condiciones para que se formen condensaciones y por tanto humedades debidas a esta.

Esto nos lo confirman las imágenes obtenidas por cámara infrarroja, en las cuales, como se analizó en el apartado pertinente, no aparecen humedades activas en los momentos en los que se ha tomado la medida.

Sin embargo, cabe reseñar algunos aspectos por los que no sería correcto indicar que no existe humedad. Primeramente, hay que tener en cuenta el aspecto visual de los muros de la ermita, como se puede ver en estos, los daños han ido creciendo con el tiempo. Esto se puede observar en la comparación entre la fotografía publicada por el pintor en 2020 y las fotografías realizadas para este trabajo.



Figura 141: Imagen del muro 10 en 2020. Fuente: Cuenta oficial de Facebook del Pintor Evaristo Guerra.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

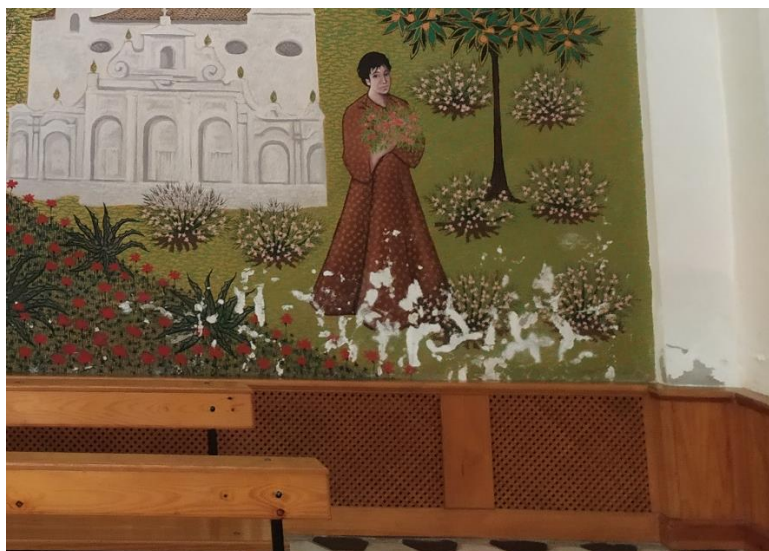


Figura 142: Imagen del muro 10 en 2025. Fuente: Realización Propia.

Como se puede ver, el deterioro de los muros con el tiempo se ve a simple vista, y responde a la posible existencia de humedades por capilaridad, debido a la ubicación y comportamiento de esta. Este deterioro ha ocurrido en un pequeño período de tiempo. Se puede observar en este muro, mediante la inspección visual, la existencia de sales que suelen ser signo de humedades por capilaridad.

Otro de los motivos por los que se puede indicar que existe humedad en las paredes es el conjunto de datos que se obtuvo con el instrumento para la medida de la humedad en las paredes. En muchos de los datos obtenidos se puede ver que existe algo de humedad en el muro, incluso en algunos de estos, se indica que el muro se encuentra bastante húmedo. Es cierto que esta humedad se encuentra en el interior de la pared y que por tanto es difícil de detectarla con el resto de los aparatos de medida, las cuales solo pueden detectar humedades activas que se estén produciendo en el momento.

También hay que tener en cuenta las limitaciones del estudio realizado. Este estudio se ha realizado a lo largo de todo el mes de abril y algunos días de marzo, durante el horario de apertura de la ermita, el cual es de 9:30 a 13:00 y de 15:30 a 18:00. Con respecto al mes en el que se ha realizado el estudio, podemos ver que no es uno de los meses más críticos a la hora de la aparición de la humedad, siendo estos los meses más invernales y los más húmedos. Con respecto al horario, se puede indicar que estas no son las horas donde más humedad se puede producir, ocurriendo muchas de estas de noche o a horas más frías, horario en el cuál no es posible realizar las medidas. Es por esto por lo que hay que considerar que el estudio tiene un rango limitado que, si bien es cierto que permite obtener resultados y conclusiones, no permite conocer la totalidad de las situaciones que ocurren en la ermita.

También se ha de tener en cuenta las condiciones interiores de la ermita. Como se observó en apartados anteriores, en muchos de los casos que nos encontramos en la ermita con respecto a temperatura y humedad interior no son los adecuados ni para los visitantes ni para el estado de los muros. Esto es uno de los datos para tener en cuenta a la hora de encontrar posibles soluciones y tratar en futuros estudios.

Se puede ver que a nivel estructural la ermita permanece en pie, lo cual es de esperar en este tipo de construcciones tan masivas, que se mantienen en el tiempo siempre que no existan factores externos ya sean humanos o accidentales.

Se puede observar también que a diferencia de otros edificios de la época que han necesitado de grandes restauraciones de carácter estructural o que han llegado a la actualidad con grandes daños, este no es el caso de la ermita. En esta edificación no se advierte de manera alguna que exista un riesgo estructural, ni se pueden observar zonas en las que existan grandes roturas o pérdidas de material que pongan en peligro tanto la ermita como a sus visitantes. En días de lluvia no se han podido apreciar ni filtraciones ni goteras, lo cual es notable, ya que numerosos edificios de construcción posterior sufren de ellas.

El mayor de los problemas de la ermita es de carácter artístico y estilístico, siendo este el estado de los frescos, motivo de la realización de este trabajo. En muchos trabajos similares, en muchos campos del conocimiento, normalmente se empieza investigando un problema y aparecen varios más. En el caso de las humedades, la existencia de estas puede conllevar a un gran daño de carácter estructural o puede deberse a fallos en la construcción que son detectados durante la realización de estos estudios sobre la humedad. Para el caso a estudiar, fortuitamente para el estado de la ermita, su futuro y las soluciones a aplicar, no será necesario realizar intervenciones a nivel de reparación estructural.

Las soluciones elegidas, por tanto, irán en la línea de la preservación, mejora de las condiciones interiores e impermeabilización. Estas soluciones son comunes a muchos edificios de similares características, de hecho, muchas de las soluciones a aplicar deberían encontrarse ya implementadas en la ermita, ya que es común en estos edificios históricos la realización de procedimientos que tratan de buscar la prevención de daños antes de que estos ocurran, para así evitar, o al menos retrasar la aparición de estos.

La carencia de este tipo de intervenciones y mejoras en la ermita, las cuales sí que han sido aplicadas en otros monumentos a nivel local, ha podido ser parte de la causa de los daños en el patrimonio que hoy se pueden observar. Como se comentó anteriormente, es sorprendente el poco daño existente con respecto a la carencia de soluciones, mejoras y mantenimiento que tiene la ermita.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Una futura línea de investigación sería realizar el estudio aún más exhaustivo, con permisos especiales para poder realizar análisis gravimétrico de la composición de humedad de los muros, para poder saber a ciencia cierta el contenido de humedad en estos. Además, con respecto al resto de estudios realizados, sería conveniente realizarlo durante todo un año y en una mayor variedad de horas. También sería conveniente realizar un análisis más exhaustivo de los elementos estructurales de la ermita, así como un estudio de la cubierta de la ermita para poder analizar la existencia de filtraciones.

12. Anexo XI: Estudio de las posibles soluciones

Para esta problemática con la humedad se proponen diferentes soluciones, algunas de estas buscan evitar que se vuelvan a producir estas humedades, mientras que otras soluciones buscan intentar reparar, en medida de lo posible, los daños producidos por las humedades.

Existen diversas soluciones las cuales, en muchos casos, no son incompatibles entre sí.

12.1. Ventilación natural

Esta es la más sencilla de las soluciones para mejorar las condiciones interiores, si bien es cierto que es la que menor control ofrece. Este procedimiento consiste simplemente en la apertura de la puerta principal con la intención de permitir una mayor renovación del aire.

Su principal ventaja es su precio 0 y la sencillez de aplicarla sin necesidad de tener que realizar ninguna obra o instalación.

Con este método podremos reducir fácilmente la humedad interior, pero no permite tener control de la temperatura. Este método se tendría que aplicar con conocimiento de las condiciones interiores y exteriores, ya que en días más húmedos y de fuertes vientos sería contraproducente abrir la puerta debido a la mayor entrada de humedad y polvo.

Otro inconveniente de este sistema es que su funcionamiento solo se puede dar en el horario de apertura, ya que depende de una persona para abrir y cerrar la puerta.

12.1. Ventilación mecánica con climatización

Este es uno de los métodos más usados para el control de la humedad, ya que permite controlar tanto la ventilación como la climatización y niveles de humedad relativa.

Un ejemplo de la aplicación de este método es la instalación de sistemas de ventilación y control de temperatura y humedad en la Capilla Sixtina. [10]

Si bien es cierto que la ermita no es lo más eficiente posible, y que existirán muchas pérdidas, es el único método que nos permitirá tener un control total en todo momento de las condiciones interiores de la ermita. También obligaría a tener la puerta principal siempre cerrada y abrir y cerrar constantemente la puerta lateral de acceso.

La instalación de este método requiere de una gran cantidad de operaciones en los muros para poder colocar tanto el sistema de ventilación, como el de climatización y todos los conductos que hay que instalar dentro de los muros. Todo esto requeriría un gran gasto tanto para la instalación y mantenimiento, así como suponer el cierre de la ermita durante varias semanas. Si bien es cierto que la ermita dispone de una zona de coro y una sacristía, instalar el aparato de climatización y ventilación supondría un daño visual y acústico a la ermita, este daño sería solo visual si se instalase fuera pero aun así el aparato tendría que quedar a ras de suelo y a la intemperie.

Aunque no se está valorando el presupuesto como factor principal, ya que se entiende que el valor artístico y cultural de la obra a proteger es mayor, hay que tener en cuenta no solamente el alto costo de los aparatos de ventilación y la obra en sí mismo, también habría que tener en cuenta el trabajo eléctrico y la reestructuración de la red eléctrica de la ermita, la cual habría que adecuar a la nueva normativa. No solo eso, según la ITC-BT-10, la instalación de estos elementos obligaría cambiar la tarificación de la ermita, pasando por obligación a la electrificación elevada, aumentando así el gasto eléctrico en el mantenimiento de la ermita.

Todos estos factores hacen que esta no sea la opción más adecuada a la hora de seleccionar esta solución.

12.2. Deshumidificadores

Los deshumidificadores son uno de los métodos más utilizados para este tipo de edificios, ya que en su mayoría no son de un gran tamaño, muchos de ellos son portátiles y no necesitan de la realización de una obra. Al ser tan compacto, se evita el daño visual y solo requiere de conexión con la electricidad mediante un enchufe convencional. [36]

Se recomienda el uso de un deshumidificador refrigerantes, ya que requiere de menos mantenimiento debido a que no hay que realizar un intercambio del elemento desecante, sin embargo, hay que tener en cuenta en muchos casos el ruido producido por este tipo de deshumidificadores.

12.3. Inyecciones químicas

Para este caso, las inyecciones químicas tienen una gran ventaja, y es que hay que recordar que existe una celosía de madera de 60 cm de altura, mientras que la altura en la cual se realizan este tipo de intervenciones es de 20 cm. Es decir, si se retira la celosía, se puede realizar esta operación y tras la recolocación de la celosía, no se va a producir ningún daño visual alguno a los muros de la ermita. Al ser muros tan masivos, no debería causar daño estructural alguno a la ermita.

Este método además es muy utilizado en todo tipo de edificios, ya que tiene la función de crear una barrera contra la capilaridad. Un caso concreto de la aplicación de este método en un edificio histórico fue realizado por la empresa Murprotec en la masía de Can Negre. [37]

Este tipo de solución podría aplicarse en varias zonas de la ermita, pero lo principal sería aplicarla en el muro 10, donde se puede ver la existencia de humedad por capilaridad, o al menos los efectos provocados por esta. Además, se recomienda aplicar esta barrera de protección en todos los muros de la ermita, o al menos aplicarla a los muros 5, 6 y 9.

12.4. Impermeabilización de la cubierta

Debido a la antigüedad de la cubierta exterior que está basada en tejas cerámicas, es recomendable realizar una impermeabilización de la cubierta. Aunque no se han encontrado claros indicios de la existencia de humedades por filtraciones, es altamente recomendable realizar este procedimiento, ya que en cualquier momento se puede producir una filtración, rotura o grieta mediante la cual puedan aparecer humedades por filtraciones o incluso goteras. [38]

Como se ha indicado anteriormente, la forma irregular de la cubierta, debido a que está compuesta por tejas a distintas alturas, dificulta el uso de impermeabilizantes en láminas, por lo que se deben aplicar los productos usando una base líquida o pulverizada.

12.5. Impermeabilización de la fachada

El proceso de impermeabilización de fachada es uno de los más utilizados en la actualidad debido a la sencillez en su aplicación y la protección que este brinda al edificio. [38]

Este proceso que nada dista en su ejecución con la realización de un trabajo de pintura en una fachada exterior evitará que el agua de lluvia o del rocío penetre en los muros de la ermita.

Si bien es cierto que los muros de la ermita son anchos y el agua de lluvia no llegará a penetrar directamente a la zona interior, la porosidad de los materiales, así como el efecto de la difusión del agua, puede provocar que, con el tiempo, el contenido de agua del muro aumente y producir daños en el interior de la ermita.

De hecho, se debe recordar la ubicación de la ermita. La ermita se encuentra con nula protección frente a los elementos debido a que se encuentra aislada de otros edificios o medianeras que pudieran paliar los efectos de las lluvias, altas humedades u otros fenómenos adversos.

Se puede observar que los muros exteriores llevan mucho tiempo sin ser pintados, ya que estos presentan pérdidas de pintura debido a los fenómenos meteorológicos. Esto es lo normal en muros expuestos al exterior y que se encuentran pintados.

Ya que se habla de patrimonio y daño estético a lo largo de este trabajo, se considera que la aplicación de este procedimiento tiene una doble función. La primera es la impermeabilización misma de la ermita que la protegería y la segunda es que, siendo este producto similar a la pintura y teniendo un mismo acabado, aplicando este producto se obtendrá una mejora significativa del estado y estética del muro exterior.

Es por esto por lo que este procedimiento es uno de los elegidos como solución a aplicar.

12.6. Proceso de restauración

Posteriormente a todos los tratamientos para la humedad, sería conveniente reparar el daño hasta ahora existente causado por la humedad en los muros. Principalmente, se debería realizar una restauración de carácter artístico, aunque en muchos casos sería conveniente realizar una intervención en la pared.

Sin embargo, este proceso no se puede realizar en la totalidad de la superficie de los muros de la ermita debido a diversos factores. El primero es la gran superficie de los frescos, que haría de este proceso una intervención extremadamente costosa y de muy larga duración. La propia realización de la restauración supondría la destrucción de gran parte de la obra original, ya que, para poder aplicar productos como yesos, debido a que los originales están dañados por la humedad, sería necesario retirar las pinturas, dañando la obra original y por tanto perdiendo el sentido de protección de la obra de este estudio.

Lo único factible es realizar restauraciones de manera parcial, en zonas críticamente afectadas, o zonas donde directamente se ha perdido la pintura. En ciertas zonas como en el muro 1 o muro 2, donde los daños son más pequeños y localizados, aunque lo recomendable es retirar parte de la pintura y yeso, para colocar morteros o yesos en la superficie, estaríamos dañando más zona original que el beneficio que se obtendría mediante la restauración. Es por esto por lo que o se realiza esta retirada de manera muy minuciosa y quirúrgica, o simplemente se realiza una restauración, solo consistente en volver a pintar la zona afectada.

Para muros muchos más dañados como zonas de los muros 5, 6 y 10, en los cuales se ha perdido una buena superficie de la pintura original, sí sería posible retirar el soporte de yeso y mortero, para eliminar el anterior que puede encontrarse dañado por la humedad, y asegurar la estabilidad de la zona restaurada.

El proceso para zonas muy dañadas consistiría en la retirada de soporte, en este caso el yeso, limpieza de la zona, aplicación del nuevo soporte, en este caso, compuesto de morteros hidrófugos y yeso y su posterior repintado de la zona con pinceles.

Para restauración de zonas menos dañadas, simplemente consistiría en la limpieza de la zona afectada, con pinceles y brochas especializadas, incluyendo la retirada de las zonas de pinturas afectadas y posteriormente se realiza el repintado de esta zona.

Este proceso además podría ser guiado con la ayuda del pintor original Evaristo Guerra. [39,40]

12.6. Soluciones elegidas

En conclusión, las principales soluciones elegidas pasan por la utilización de ventilación natural, la cual se ha demostrado ser igual de útil que la artificial para este tipo de edificios [9], el uso de deshumidificadores, la aplicación de inyecciones químicas, impermeabilización de la fachada y cubierta y la restauración artística.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

13. Anexo XII. Seguridad y Salud

Cada uno de los procedimientos de las soluciones a realizar sigue unos criterios de seguridad y salud.

Todas estas aplicaciones, salvo en el caso donde explícitamente se indique lo contrario, serán aplicadas por técnicos, trabajadores y personal cualificado para la aplicación de cada solución seleccionada.

Se les hará hincapié en la obligatoriedad de la aplicación de todas las medidas de seguridad indicadas, así como de la aplicación de otras medidas que consideren convenientes, siempre que estas no vayan en detrimentos de las aquí indicadas o impliquen un aumento del riesgo a la hora de aplicar estas soluciones.

Así mismo ningunos de los trabajos se realizará sin el uso de los equipos de protección individual (EPIs) mínimos que cada una de las soluciones aplicadas requieren.

Se detendrán los trabajos en caso de que se observe el incumplimiento de alguna de las normas de seguridad y salud o exista una situación que pueda poner en riesgo la salud de los trabajadores.

Los trabajos realizados en el exterior y en altura deberán realizarse con la mayor de las medidas de seguridad y atendiendo siempre a las condiciones meteorológicas.

Es recomendable, a la hora de la realización de los trabajos en el exterior, evitar los meses de altas temperaturas con el fin de evitar posibles problemas de salud para los trabajadores y permitir que la realización de cada una de las soluciones se vea lo menos interrumpida posible.

13.1. Ventilación natural

Para el caso de la ventilación natural no existe ninguna medida de seguridad a aplicar, ya que esta solución consiste simplemente en abrir la puerta principal.

Sin embargo, si es necesario, se instruirá al encargado de abrir y cerrar las puertas, en este caso el ermitaño, en métodos que conlleven al menor esfuerzo y desgaste físico a la hora de realizar estas acciones. Principalmente consistirá en una pequeña explicación sobre las posturas y movimientos correctos para abrir la puerta de la manera más adecuada posible con respecto a la anatomía del cuerpo y evitar malas posturas que puedan producir un daño físico al ermitaño o cualquier persona que abra la puerta.

13.2. Instalación de deshumidificadores

Para la instalación de deshumidificadores, al ser portátiles, estos no necesitan de grandes medidas de seguridad, ya que el operario cualificado sólo tiene que conectar el deshumidificador a la corriente eléctrica. En muchos casos no sería necesaria la existencia de este operario ya que la conexión se realiza mediante enchufes y clavijas normalizadas, pero si por seguridad este operario pudiera ser necesario, no necesitaría de grandes protecciones individuales, en caso de ser necesario, el uso de guantes aislantes.

13.3. Inyecciones para tratar la humedad

En este caso sí son necesarios el uso de EPIs, ya que es necesaria la realización de taladrados. Por tanto, será necesario el uso de gafas de protección contra el polvo y otros elementos, así como el uso de calzado y guantes de protección y mascarillas antipolvo. Para el proceso de taladrado será necesario el uso de protectores auditivos. Por comodidad y salud del operario, debido a la baja altura donde se realiza esta operación, se recomienda el uso de rodilleras.

Con respecto al resto del procedimiento, será necesario el uso de estos EPIs.

13.4. Impermeabilización de cubierta

Este es el proceso más peligroso que se va a realizar, ya que se realiza en altura, en una cubierta a más de 10 metros sobre el suelo, que además está compuesta de tejas antiguas que pueden no ser seguras. Es por esto por lo que el uso de andamios o de una plataforma elevadora de brazo articulado se vuelve fundamental para esta intervención, principalmente la plataforma elevadora de brazo articulado, ya que esta permite una mayor movilidad a la hora de realizar estos trabajos y no necesita de apoyo en la cubierta de la ermita. Para la aplicación del producto impermeabilizante se puede usar rodillos o pistola pulverizadora, en ambos casos será necesario el uso de mascarillas de protección y gafas de seguridad.

Debido a la altura en la que se realizan los trabajos, es obligatorio el uso de arneses, zonas de anclaje y el uso de equipo de seguridad como trajes, calzado de protección y casco.

En caso de altas temperaturas y exposición solar se recomienda el uso de sombrillas o elementos similares de protección contra el sol. Para situaciones de fuertes vientos que pudieran desestabilizar la plataforma elevadora, así como poner en riesgo a los trabajadores, se cancelará la realización de este procedimiento hasta que remita este fenómeno meteorológico. En el caso de lluvia, tanto por la imposibilidad de la aplicación del producto como por el riesgo que atañe a los trabajadores, se cancelará la realización de estos trabajos hasta que la lluvia cese y se esperará un tiempo adecuado para asegurar el secado de las superficies tanto de la plataforma elevadora como de la superficie de trabajo.

13.5. Impermeabilización de fachada

El proceso de la impermeabilización de la fachada atañe peligros similares a la impermeabilización de la cubierta, debido a que este también se realiza en altura, teniendo algunas zonas altas similares a las de la cubierta.

Se requerirá al igual que para la impermeabilización de la cubierta de la ermita el uso de un brazo articulado. En este caso, será necesario aplicar el producto usando rodillos, siendo aun así necesario el uso de mascarillas de protección y gafas de seguridad.

Se reitera la obligatoriedad del uso de arneses, zonas de anclaje, equipo de seguridad, calzado de protección y casco.

13.6. Labores de restauración

En el caso de las labores de restauración solo sería necesario en caso de no realizar una retirada del soporte (yeso), el uso de mascarilla y guantes quirúrgicos, con el fin de no dañar la pintura mientras esta se encuentra en proceso de restauración. En caso de que se retire el yeso, sí será necesario el uso de herramientas por lo que será conveniente ampliar las medidas de seguridad en el proceso de retirada y posterior enfoscado de la pared con yeso el uso de medidas de seguridad como guantes, gafas y mascarillas de protección.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

14. Anexo XIII. Metodología y Procedimiento de instalación de las soluciones elegidas

En este apartado, se va a hacer hincapié en la forma en la que se va a realizar la instalación de las diversas soluciones elegidas.

14.1. Ventilación natural

La implantación de la ventilación natural se va a realizar fundamentalmente en las horas de apertura de la ermita. Al igual que se realiza la apertura de la puerta lateral para permitir el acceso de visitantes, el ermitaño será el encargado de abrir la puerta principal.

Esta apertura de la puerta principal se realizará en el momento de apertura de la ermita, tanto por la mañana como por la tarde. También se realizará esta apertura en el caso de que exista una gran afluencia de personas en el interior de la ermita, como puede ser el caso de visitas guiadas o actos y oficios religiosos.

Los ciclos entre la apertura y cierre de la puerta no deberán ser muy prolongados en el tiempo, para evitar la entrada de polvo en suspensión que pueda dañar los frescos. Se recomienda entre 45 minutos y una hora.

Se evitará la apertura de la puerta los días que exista mucha humedad ambiente exterior, días de precipitaciones y días de viento intenso, fundamentalmente de dirección paralela a la puerta y sentido hacia el interior de la ermita.

14.2. Deshumidificador

La instalación de los deshumidificadores será realizada por un técnico especializado, para asegurar la correcta instalación, ubicación, configuración y puesta en marcha inicial. El conexionado será un realizado con un enchufe normalizado que posee el propio deshumidificador.

La ubicación de los deshumidificadores será la indicada en los planos, las cuales están diseñadas para ser lo menos molestas, tanto visual como sonoramente, y más eficientes posibles.

Los deshumidificadores se encuentran conectados y en funcionamiento las 24 horas del día, es por esto por lo que se ha elegido un modelo lo más silenciosos posible. Aunque a la hora de abrir la puerta principal, baje la efectividad del

deshumidificador, se ha tomado esta decisión por primar la comodidad y asegurar el funcionamiento de este un mayor tiempo posible.

Con respecto a la actividad de este y su mantenimiento, será necesario realizar el vaciado del tanque de las condensaciones cuando sea necesario y realizar un cambio de filtros según indicaciones del fabricante.

14.3. Inyecciones químicas

El proceso de aplicación de las inyecciones químicas consiste en los siguientes apartados.

Primero será necesario retirar todo el mobiliario que pueda ser molesto para la realización de este procedimiento. Posteriormente se retira la celosía de madera de la parte inferior de la pared, dejando expuesta la zona en la que se van a realizar los procesos posteriores.

El proceso continúa con la colocación de mantas en el suelo, para evitar daños y suciedad en el suelo de la ermita. Se debe proceder a la retirada y limpieza de parte de la capa superficial de la zona inferior de la pared con el fin de realizar las perforaciones lo más correctamente posible.

Una vez realizados los procesos anteriores, se realizarán los taladrados. Estos taladrados se realizarán a 15 cm por encima del suelo de la ermita, y con una distancia de aproximadamente 11 cm entre cada uno de estos. Se realizarán estas perforaciones con el uso de brocas de 12mm de diámetro con una profundidad de 20/25cm aproximadamente y un ángulo de entre 35° y 45° descendentes respecto del plano horizontal. El número de perforaciones a realizar se encuentra en el documento de mediciones.

Una vez realizadas estas perforaciones, se realiza el proceso de inyección.

El producto que se va a utilizar será una emulsión a base de silanos, el cual se administra en cartuchos. Estos cartuchos están diseñados específicamente para ser utilizados con una pistola para cartuchos y con esta herramienta se insertará el producto en las perforaciones anteriormente realizadas.

Se realizará la inserción del producto en la perforación hasta que el producto llene completamente esta y salga por donde se realizó el perforado. Una vez completado este proceso, se elimina el sobrante que haya salido de la perforación.

Aunque en la mayoría de los procesos donde se realiza este tipo de intervenciones sería necesario esperar aproximadamente 15 días, en este caso, al ser una zona donde no se encuentra la pintura y que además no es visible a

simple vista, ya que delante de esta se encuentra la celosía, este paso no será necesario.

Por tanto, el proceso finaliza con la recolocación de la celosía y el resto de mobiliario.

Con respecto a este proceso, no existe mantenimiento alguno, ya que, con la colocación de los productos, estos se asientan automáticamente con el tiempo, sin necesidad de proceso posterior.

14.4. Impermeabilización de la cubierta exterior

Este proceso, para evitar mayores costes y asegurar una rápida intervención que sea lo menos invasiva para la ermita y su normal uso, se realizará tras una época de lluvias, ya que así no será necesario realizar un proceso de limpieza con el uso de una máquina hidrolimpiadora.

Para la realización de este proceso, eso será necesario, usar una plataforma elevadora articulada. Para el uso de esta plataforma elevadora es necesario el uso de todas las medidas de seguridad adecuadas, así como los equipos de protección individual indicados en el anexo de seguridad y salud. También será necesario colocar mantas para evitar manchas alrededor de las cubiertas de la ermita.

El proceso consiste en la aplicación de un producto impermeabilizante, de consistencia líquida, aunque algo viscoso. Este producto está compuesto por un líquido a base de polímeros de estireno-acrilato modificados. Se puede utilizar un sistema de pulverización de pintura AIRLESS para la aplicación de este producto sin el uso de rodillos, brochas u otros elementos. Gracias a este sistema de pulverización, el proceso será lo menos peligroso posible tanto para los operarios como para las tejas que componen la cubierta.

Con el uso de la pulverización de pintura permitirá repartir el producto por toda la compleja cubierta de la ermita, permitiendo así que el producto se reparta por toda la superficie de esta.

Tras la imprimación de la primera capa de impermeabilizante, será necesario realizar una segunda capa. Entre ambas capas, el tiempo de secado del producto ronda las 24 horas. Teniendo en cuenta las condiciones exteriores, se elegirá el tiempo más adecuado de espera antes de dar la segunda capa, que será no menor a esas 24 horas antes mencionadas.

Para la aplicación de la segunda capa de impermeabilizante se realizará el mismo procedimiento, con el uso de las mismas medidas de seguridad, que se realizó cuando se aplicó la primera capa.

Con respecto al mantenimiento, este procedimiento no necesita de mantenimiento alguno, además, la altura a la que se encuentran estas cubiertas no solo dificulta, si no que suponen un riesgo la realización de un mantenimiento continuo.

14.5. Impermeabilización de fachadas

El procedimiento de impermeabilización de fachadas consiste en la aplicación de un producto impermeabilizante de manera similar a la que se realizaría en un proceso de pintado.

Para las zonas más altas y difíciles de acceder se utilizará una plataforma elevadora con brazo articulando, respetando evidentemente todas las medidas de seguridad adecuadas, así como las indicadas en el anexo de seguridad y salud. También será necesario colocar mantas en las zonas donde puedan caer restos de los materiales y pinturas usadas en las zonas de trabajo.

El proceso comenzará con la retirada de la pintura que se encuentra en los muros exteriores de la ermita. Existen en la actualidad diversos procesos para realizar esta retirada de pintura. El más común es el uso de una hidrolimpiadora debido a la facilidad de uso y comodidad del proceso. En este caso, debido a que nos encontramos ante un edificio histórico que se intenta proteger contra el agua y evitar la aparición de humedades, se ha decidido descartar este método con el fin de evitar que el agua a presión penetre en el muro. Por ello, se ha decidido el uso de cepillos de raíces con los cuales retirar la pintura. Existen en el mercado cepillos especiales de gran envergadura y que pueden poseer varas telescópicas para poder trabajar a distancia de la pared, lo cual es conveniente para la realización de este trabajo.

Posterior a la realización de este procedimiento, se va a realizar la aplicación de los productos. Se comenzará aplicando un puente de unión, es decir, un producto compuesto por resina o imprimación cuya función es mejorar la adherencia de un material y obtener una base sólida en la cual se pueda aplicar otros productos sin riesgo a una pérdida de adherencia que produzca la pérdida de estos. Se ha decidido aplicar este producto para asegurar la adherencia.

Este producto, que viene suministrado en cubos como ocurre con la pintura, se aplicará mediante el uso de rodillos, debido a que no es posible aplicarlo de manera uniforme mediante el uso de una pistola para pintura. Tras la aplicación de este producto, se deberá esperar un tiempo indicador por el fabricante antes de poder aplicar otros productos.

Una vez finalizado el tiempo de secado, se procederá a la aplicación del producto impermeabilizante. Este producto se aplica, de la misma manera que el puente

de unión, mediante el uso de un rodillo. Con esta técnica se asegura que el producto se aplica de una manera uniforme en todos los muros de la ermita. Todo este procedimiento ha de seguir todas las normas de seguridad pertinentes, así como lo indicado en el anexo de seguridad y salud, utilizando siempre los equipos de protección necesarios.

Una vez se aplica esta capa será necesario esperar un tiempo estipulado por el fabricante antes de aplicar una segunda capa, la cual se aplicará siguiendo el mismo procedimiento y medidas de seguridad aplicados en la primera capa.

Tras la aplicación de los productos, no será necesario realizar mantenimiento alguno, salvo en el caso de que existieran daños residuales que pudiesen aparecer a futuro. Tras varios años y debido al desgaste por las condiciones meteorológicas y por el paso del tiempo, sería recomendable volver a aplicar este producto.

14.6. Proceso de restauración

El proceso de restauración deberá ser realizado por un equipo profesional encargado de restauraciones artísticas de frescos. Se deben poner todos los medios posibles a disposición de estos restauradores y si fuera necesario, se atenderá a las recomendaciones y exigencias de estos, ya que se les supone un mayor conocimiento artístico en la restauración de frescos. También sería necesario un estudio previo de técnicos de patrimonio para que estimen con mayor exactitud todas las zonas afectadas, así como concretar con los restauradores los diversos métodos que estos últimos van a emplear.

El proceso comienza con una pequeña limpieza superficial de aquellas zonas afectadas donde se van a realizar la restauración. Esta limpieza se suele realizar en seco con el uso de brochas y pinceles específicos, así como con algunos productos químicos diseñados para este fin.

Una vez realizada la preparación del soporte, esta restauración consistiría en el uso de pinturas especializadas para este tipo de materiales con el fin de reproducir aquello que se encontraba en esa zona del muro antes de que la pintura se desprendiera o se abultara. Para ello, sería conveniente, si fuera posible, que el pintor original, Evaristo Guerra, pudiese estar presente durante este proceso. En caso de que esto no fuese posible, se intentaría realizar una búsqueda de fotografías y documentos pasados con el fin de aumentar la documentación y conocimientos de los murales por parte del equipo de restauración. Los restauradores realizarían, por tanto, una restauración de las zonas afectadas de los murales. En caso de que tanto restauradores como técnicos de patrimonio lo estimasen conveniente, se podrían realizar una retirada de pequeñas zonas de yeso que hacen de soporte de las pinturas. En estas

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

pequeñas zonas, previo a la pintura, se realizaría la retirada del yeso antiguo y la aplicación de una nueva capa compuesta por un producto de puente de unión y posterior enyesado. Posteriormente a la pintura, se podrán realizar acabados específicos en caso de que técnicos y restauradores lo vean conveniente. Se procederá posteriormente al secado de las zonas recién pintadas.

Una vez realizado este proceso, salvo petición explícita de técnicos y restauradores, no será necesario la realización de posteriores mantenimientos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

15. Características técnicas de los instrumentos utilizados

15.1. Cámara termográfica FLIR E75

Características por cámara	E75	E85	E95
Resolución IR	320 x 240 (76 800 píxeles)	384 x 288 (110 592 píxeles)	464 x 348 (161 472 píxeles)
Rango de temperaturas del objeto	De -20 a 120 °C De 0 a 650 °C De 300 a 1000 °C	De -20 a 120 °C De 0 a 650 °C De 300 a 1200 °C	De -20 a 120 °C De 0 a 650 °C De 300 a 1500 °C
Video foto a foto (infrarrojos)	No	No	De 10 segundos a 24 horas
Características de medición por cámara			
Información de medición de área	No	Si	Si
Medidor puntual	1 en modo en directo	3 en modo en directo	3 en modo en directo
Área	No	3 en modo en directo	3 en modo en directo
Características comunes			
Serie Exx			
Tipo de detector y Pitch	Microbolómetro no refrigerado, 17 µm		
Sensibilidad térmica/NETD	<0,03 a 30 °C		
Rango espectral	7,5 - 14,0 µm		
Frecuencia de la imagen	30 Hz		
Campo de visión (FOV)	42° x 32° (lente de 10 mm), 24° x 18° (lente de 17 mm), 14° x 10° (lente de 29 mm)		
Número F	f/1.1, f/1.3		
Identificación de la lente	Automático		
Enfoque	Medidor de distancia láser (LDM, por sus siglas en inglés) continuo de un disparo, contraste de un disparo, manual		
Zoom digital	De 1-4x continuo		
Presentación de imagen y modos			
Pantalla	Pantalla táctil PCAP nitida de 4" y resolución de 640 x 480, con brillo de superficie de 400 cd/m ²		
Cámara digital	5 MP, campo de visión 53° x 41°		
Paletas de colores	Hierro, Gris, Arco Iris, Arctico, Lava, Arco Iris HC		
Modos de imagen	Infrarrojos, visual, MSX®, imagen en imagen		
Imagen-en-imagen	Redimensionable y móvil		
MSX®	Estampa detalles visuales en la imagen térmica en resolución completa		
UltraMax™	El proceso de superresolución cuadruplica el recuento de píxeles, activado en FLIR Tools+		
Medición y análisis			
Precisión	±2 °C o ±2 % de lectura, para temperatura ambiente de 15 °C a 35 °C y temperatura del objeto superior a 0 °C		
Alarmas	Alarma de humedad, alarma de aislamiento, alarmas de medición		
Alarma de color (isoterma)	Por encima/por debajo/intervalo/condensación/aislamiento		
Medición a distancia con láser	Si, en pantalla		
Valores preestablecidos de medida	Sin medición, punto central, punto caliente, punto frío, valor preestablecido de usuario 1, valor preestablecido de usuario 2		
Brújula, GPS	Si; etiquetado de imágenes automático por GPS		
METERLINK®	Si; varias lecturas		
Almacenamiento de imágenes			
Soporte de almacenamiento	Tarjeta SD extraíble (8 GB)		
Formato de archivo de imagen	JPEG radiométrico estándar, datos de medición incluidos		
Grabación y transmisión de vídeo			
Grabación de vídeo IR radiométrico	Grabación radiométrica en tiempo real (.csq)		
Vídeo en flujo continuo IR no radiométrico o visual	H.264 en tarjeta de memoria		
Transmisión de vídeo IR radiométrico	Si, por UVC o wifi		
Transmisión de vídeo IR no radiométrico	H.264 o MPEG-4 por wifi MJPEG por UVC o wifi		
Interfaces de comunicación	USB 2.0, Bluetooth, wifi		
Salida de vídeo	DisplayPort por USB tipo C		
Datos adicionales			
Tipo de batería	Batería de iones de litio, cargadas en la cámara o en un cargador aparte		
Duración de la batería	Aprox. 2,5 horas a 25 °C de temperatura ambiente y uso típico		
Intervalo de temperatura de funcionamiento	De -15°C a 50°C		
Rango de temperatura de almacenamiento	De -40°C a 70°C		
Choque/vibración/protección; seguridad	25 g/IEC 60068-2-27, 2 g/IEC 60068-2-6, IP 54/IEC 60529; EN/UL/CSA/PSE 60950-1		
Peso/dimensiones sin lente	1 kg, 27,8 x 11,6 x 11,3 cm		
Contenido de la caja			
Embalaje	Cámara de infrarrojos con lente, batería (2), cargador de batería con fuente de alimentación, lente frontal y protección de la luz, correas (mano y muñeca), tapas de lentes (frontal y trasera), paño de limpieza de lente, fuente de alimentación de 15 W/3 A, documentación impresa, tarjeta SD de 8 GB, destornillador Torx, cables (de USB 2.0 A a USB tipo C, de USB tipo C a HDMI, de USB tipo C a USB tipo C)		

Figura 143: Características técnicas de la cámara termográfica FLIR E75. Fuente: Página oficial de APLITER.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

15.2. Termohigrómetro Testo 625

<p>testo 625</p> <p>testo 625, termohigrómetro, incl. sonda de humedad desacoplable, protocolo de calibración y pila</p> <p>Modelo 0563 6251</p> 	<p>Datos técnicos generales</p> <table border="1"> <tr> <td>Temperatura de almacenamiento</td> <td>-40 ... +70 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de servicio</td> <td>-20 ... +50 °C</td> </tr> <tr> <td>Tipo de pila</td> <td>Pila bloque de 9V, 6F22</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de operatividad</td> <td>70 h (sin radio)</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>195 g</td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>182 x 64 x 40 mm</td> </tr> <tr> <td>Material de la carcasa</td> <td>ABS</td> </tr> </table>			Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C	Temperatura de servicio	-20 ... +50 °C	Tipo de pila	Pila bloque de 9V, 6F22	Tiempo de operatividad	70 h (sin radio)	Peso	195 g	Medidas	182 x 64 x 40 mm	Material de la carcasa	ABS		
	Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C																	
Temperatura de servicio	-20 ... +50 °C																		
Tipo de pila	Pila bloque de 9V, 6F22																		
Tiempo de operatividad	70 h (sin radio)																		
Peso	195 g																		
Medidas	182 x 64 x 40 mm																		
Material de la carcasa	ABS																		
<p>Tipos de sensor</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sensor de humedad capacitivo Testo</th> <th>NTC</th> <th>Tipo K (NiCr-Ni) (sondas por radio)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rango de medición</td> <td>0 ... +100 %HR</td> <td>-10 ... +60 °C</td> <td>-200 ... +1370 °C</td> </tr> <tr> <td>Exactitud ±1 dígito</td> <td>±2.5 %HR (+5 ... +95 %HR)</td> <td>±0.5 °C</td> <td>Véanse datos de la sonda</td> </tr> <tr> <td>Resolución</td> <td>0.1 %HR</td> <td>0.1 °C</td> <td>0.1 °C</td> </tr> </tbody> </table>		Sensor de humedad capacitivo Testo	NTC	Tipo K (NiCr-Ni) (sondas por radio)	Rango de medición	0 ... +100 %HR	-10 ... +60 °C	-200 ... +1370 °C	Exactitud ±1 dígito	±2.5 %HR (+5 ... +95 %HR)	±0.5 °C	Véanse datos de la sonda	Resolución	0.1 %HR	0.1 °C	0.1 °C			
	Sensor de humedad capacitivo Testo	NTC	Tipo K (NiCr-Ni) (sondas por radio)																
Rango de medición	0 ... +100 %HR	-10 ... +60 °C	-200 ... +1370 °C																
Exactitud ±1 dígito	±2.5 %HR (+5 ... +95 %HR)	±0.5 °C	Véanse datos de la sonda																
Resolución	0.1 %HR	0.1 °C	0.1 °C																

Figura 144: Características técnicas del termohigrómetro Testo 625. Fuente: Página oficial de Testo.

15.3. Termómetro infrarrojo RS-1327K

Número de modelo	RS-1327K
Rango de temperaturas	-150 °C máx a 1350 °C máx (-238 °F máx hasta 1999 °F máx)
La mejor precisión	± 0,1 °C o ± 0,1% de la lectura ±0,2 % ±1 °C (2 °F) A -150 °C A 0 °C (-238 °F A 32 °F) ±0,1 % ±1 °C (2 °F) A 0 °C A 200 °C (32 °F A 200 °F)
Tipo de pantalla	LCD retroiluminada
Relación de distancia a punto	12:1
Respuesta espectral	6 a 14um
Emisividad	0,17 a 1
Resolución de la pantalla	0,1 °C (0,2 °F)
Escala de temperatura	Centígrados / Fahrenheit
Indicación de batería baja	Sí
Indicación de sobregama	Sí
Desconexión automática	Sí
Memoria interna	99 juegos
Aplicaciones	Preparación de alimentos / inspecciones de seguridad e incendios / moldeo de plástico
Disponibilidad de calibración	Sí

Figura 145: Características técnicas del termómetro infrarrojo RS-1327K. Fuente: Página oficial de RS.

15.4. Medidor de humedad en materiales PARKSIDE PMSHM2 A3

● **Características técnicas**

Tensión de servicio: 3 V (corriente
continua)

Tipo de pila: 2 x LR03/AAA

Precisión de temperatura: + / - 1 °C

Precisión de humedad: A: Material de construcción por debajo de 1,4%: +/- 0,3%
por encima de 1,4%:
+/- 0,5%

B: Material de madera
por debajo de 30 %:
+/-2 %
por encima de 30 %:
+/-4 %

Grado de exactitud: ver apartado „Realizar medición“

Temperatura de

funcionamiento: 0 °C - 40 °C

Clase de protección: IP 20

Desglose: 0,1 %

Humedad atmosférica: hasta un máximo del
80% (relativa)

*Figura 146: Características técnicas del medidor de humedad en materiales PARKSIDE PMSHM2 A3.
Fuente: Página oficial de PARKSIDE.*

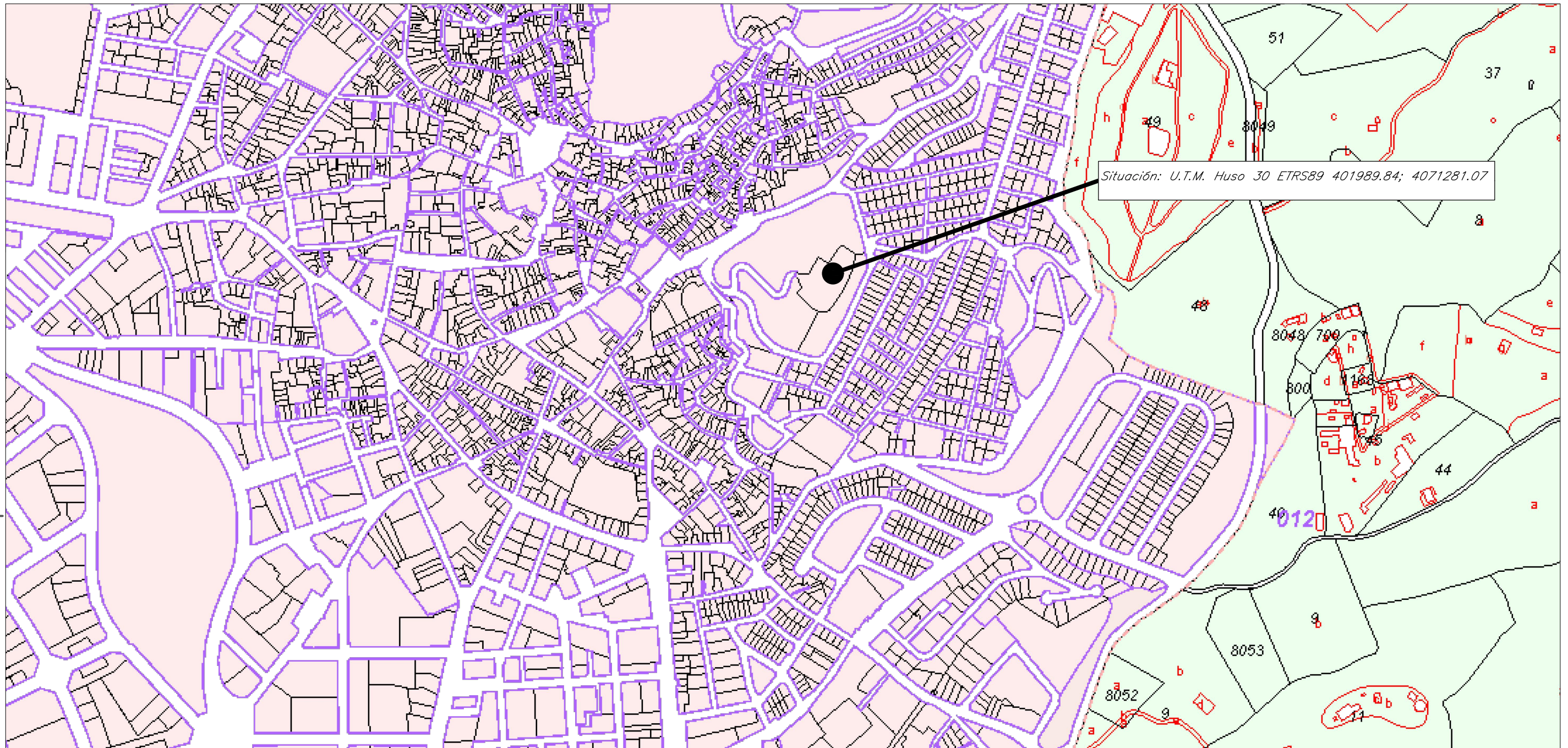
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

16. Planos

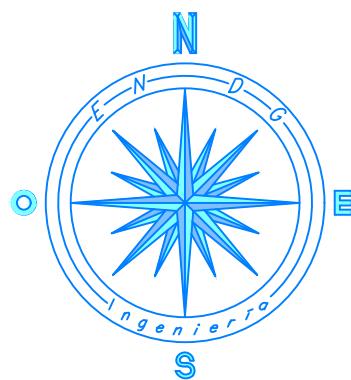
Índice de planos

1. Plano de situación.....	Página 207
2. Plano de emplazamiento.....	Página 208
3. Plano de alzado, planta y perfil.....	Página 209
4. Plano de cortes de la ermita.....	Página 210
5. Plano de cubiertas de la ermita.....	Página 211
6. Plano de distribución de los muros en la ermita.....	Página 212
7. Plano de cotas y superficies.....	Página 213
8. Plano de ubicación de los puentes térmicos de la ermita.....	Página 214
9. Plano de ubicación de las soluciones elegidas.....	Página 215

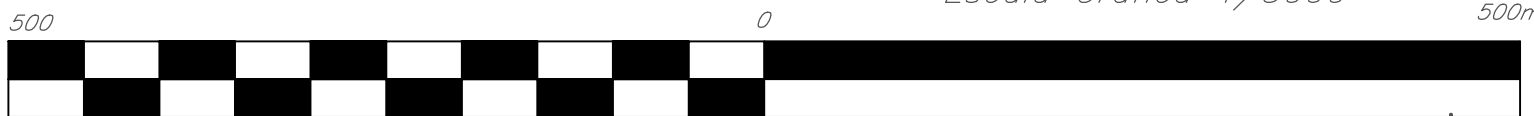
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).



Situación: U.T.M. Huso 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07



Escala Gráfica 1/5000



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACIÓN PLANO:

Plano de situación

PROYECTO: Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

FIRMA:

FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACIÓN:

POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700

SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

FECHA:

24-03-2025

ESCALA:

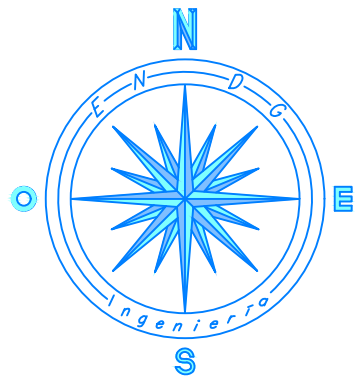
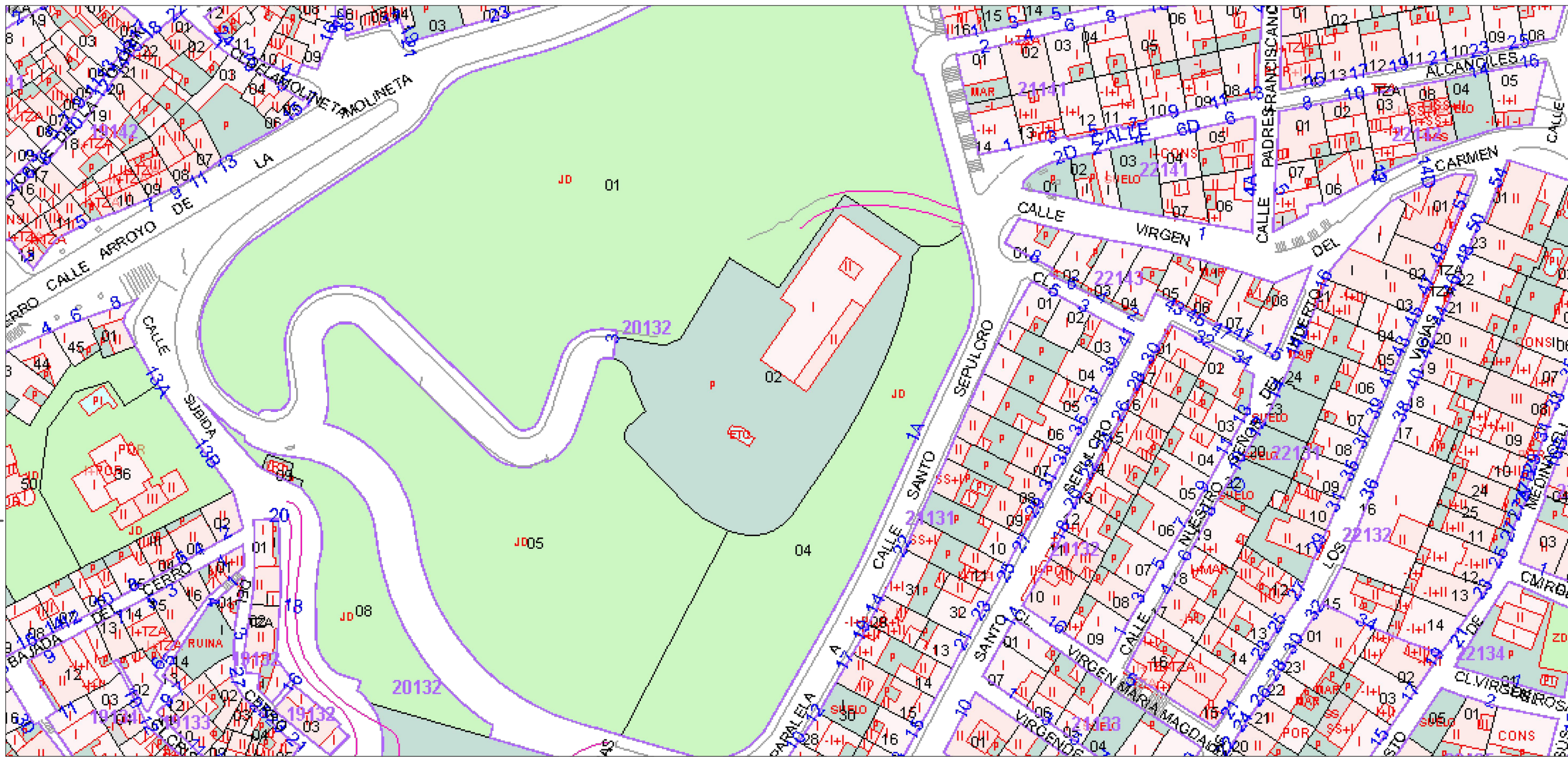
1/5000

Nº EXPEDIENTE:

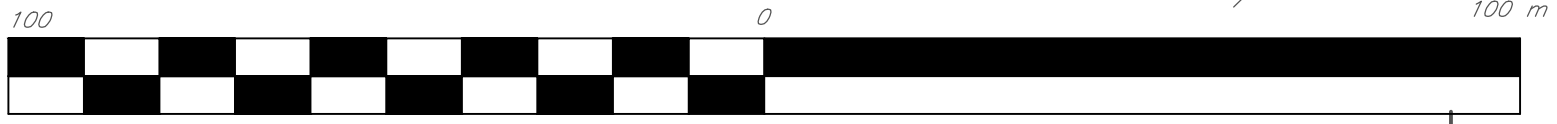
TFGEVR2025

Nº PLANO:

1



Escala Gráfica 1/1000



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACION PLANO:

Plano de emplazamiento

PROYECTO:
Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

FIRMA:

SITUACION:
POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989,84; 4071281,07

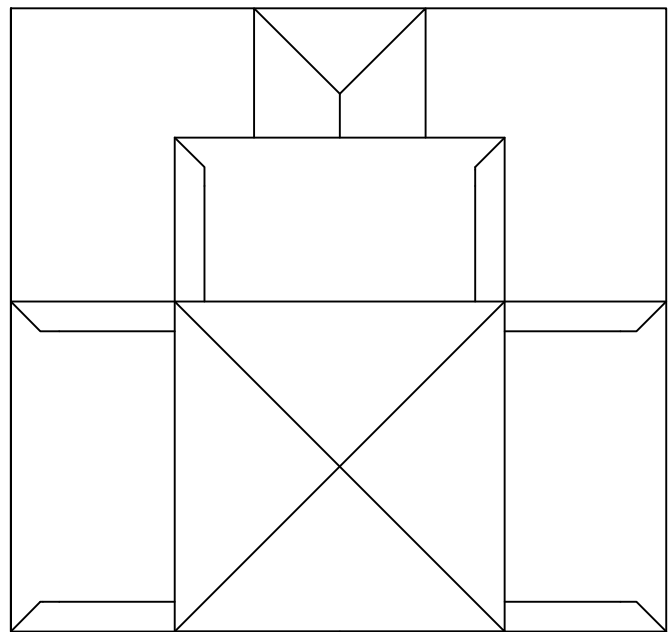
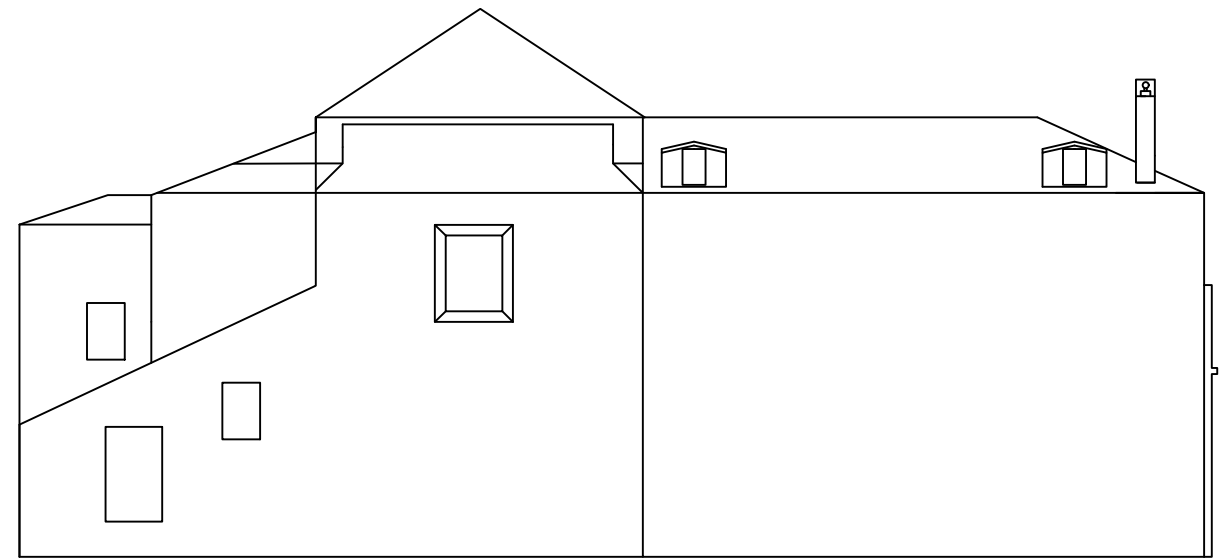
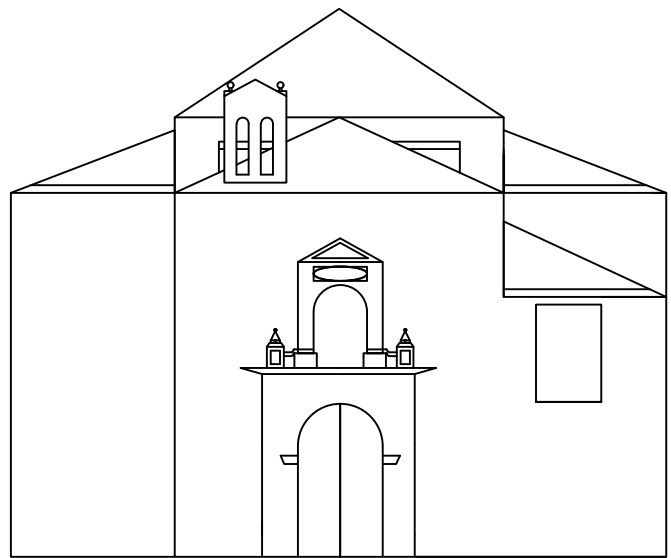
FECHA:
24-03-2025

ESCALA:
1/1000

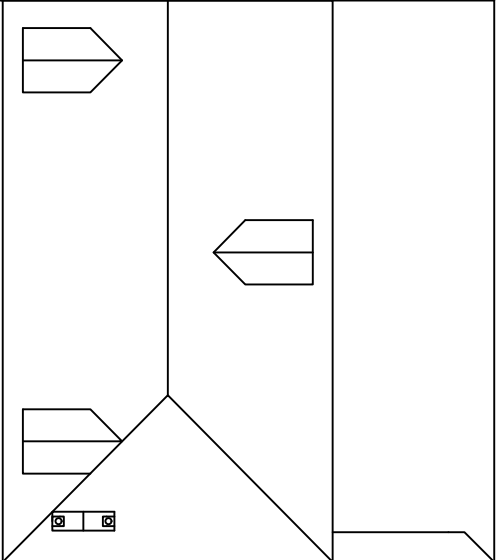
FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

Nº EXPEDIENTE:
TFGEVR2025

Nº PLANO:
2



Plano lateral derecho



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

PROYECTO:
Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

DESIGNACION PLANO:
Plano de alzado, planta y perfil de la ermita

FIRMA:

SITUACION:
POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

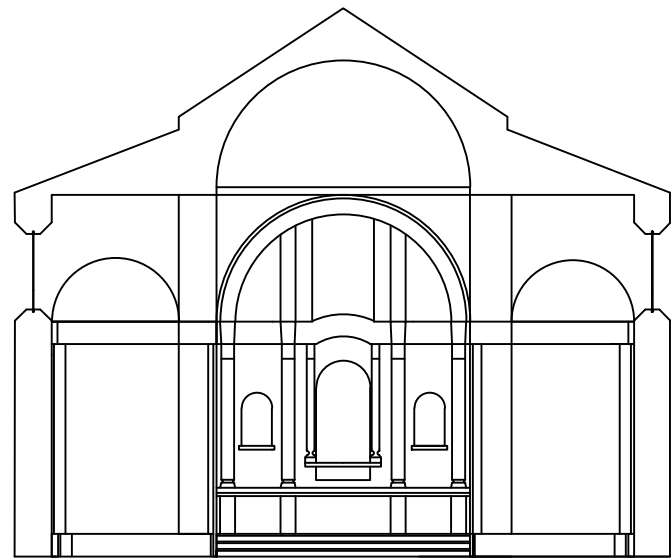
FECHA:
24-03-2025

ESCALA:
1/200

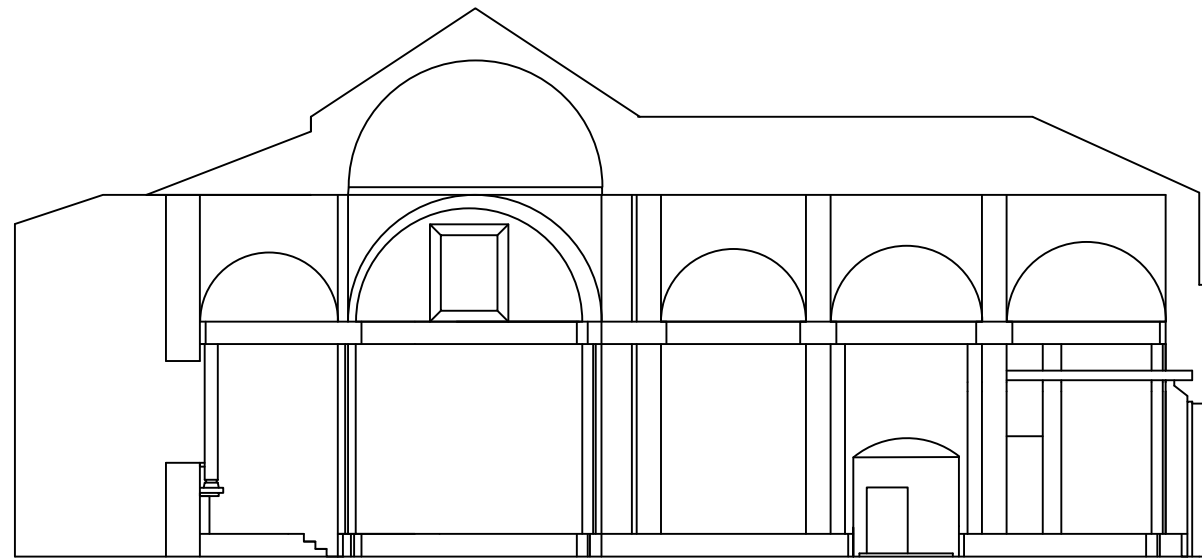
FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

Nº EXPEDIENTE:
TFGEVR2025

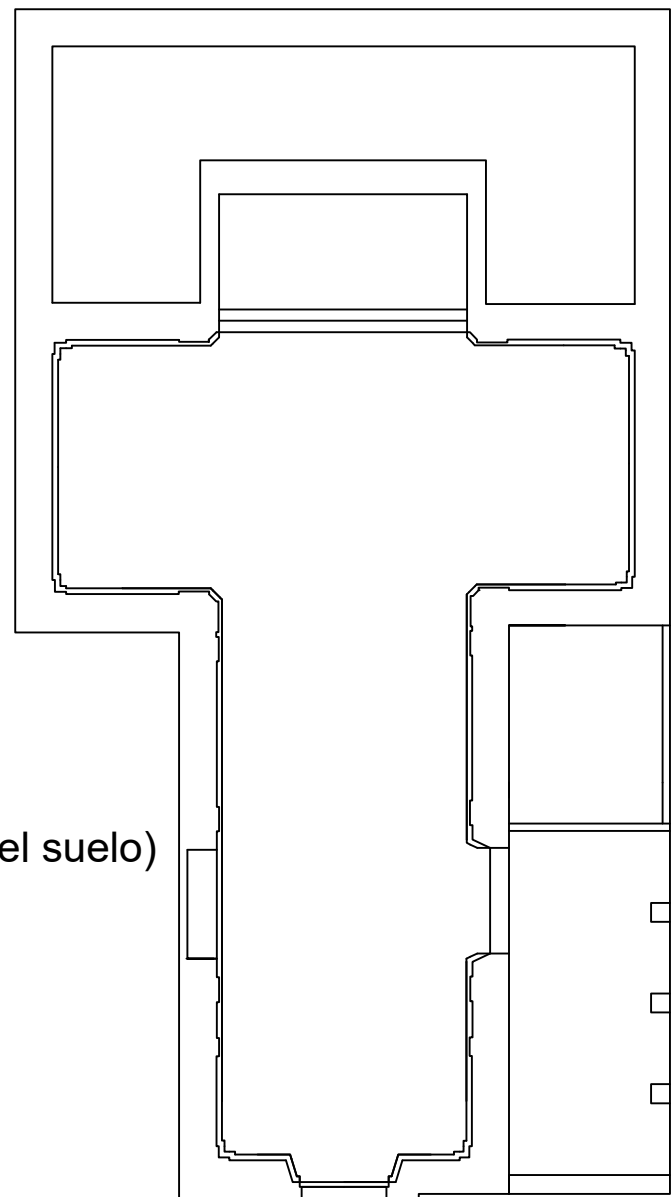
Nº PLANO:
3



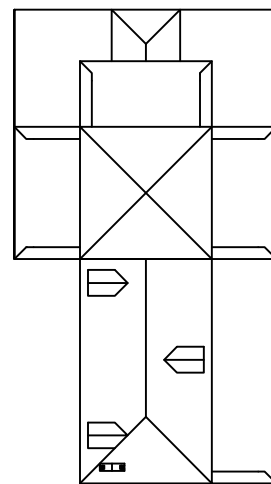
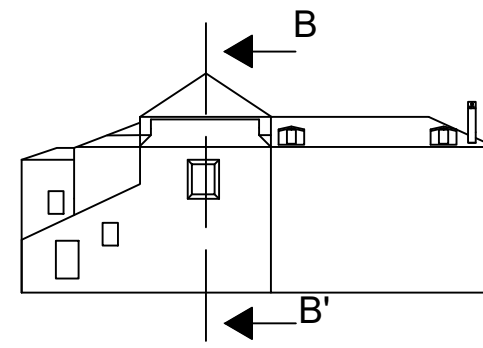
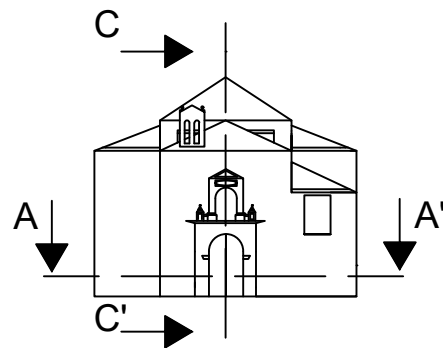
Corte B-B'



Corte C-C'



Corte A-A'
(realizado a 1m del suelo)



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACION PLANO:

Plano de cortes de la
ermita

PROYECTO: Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

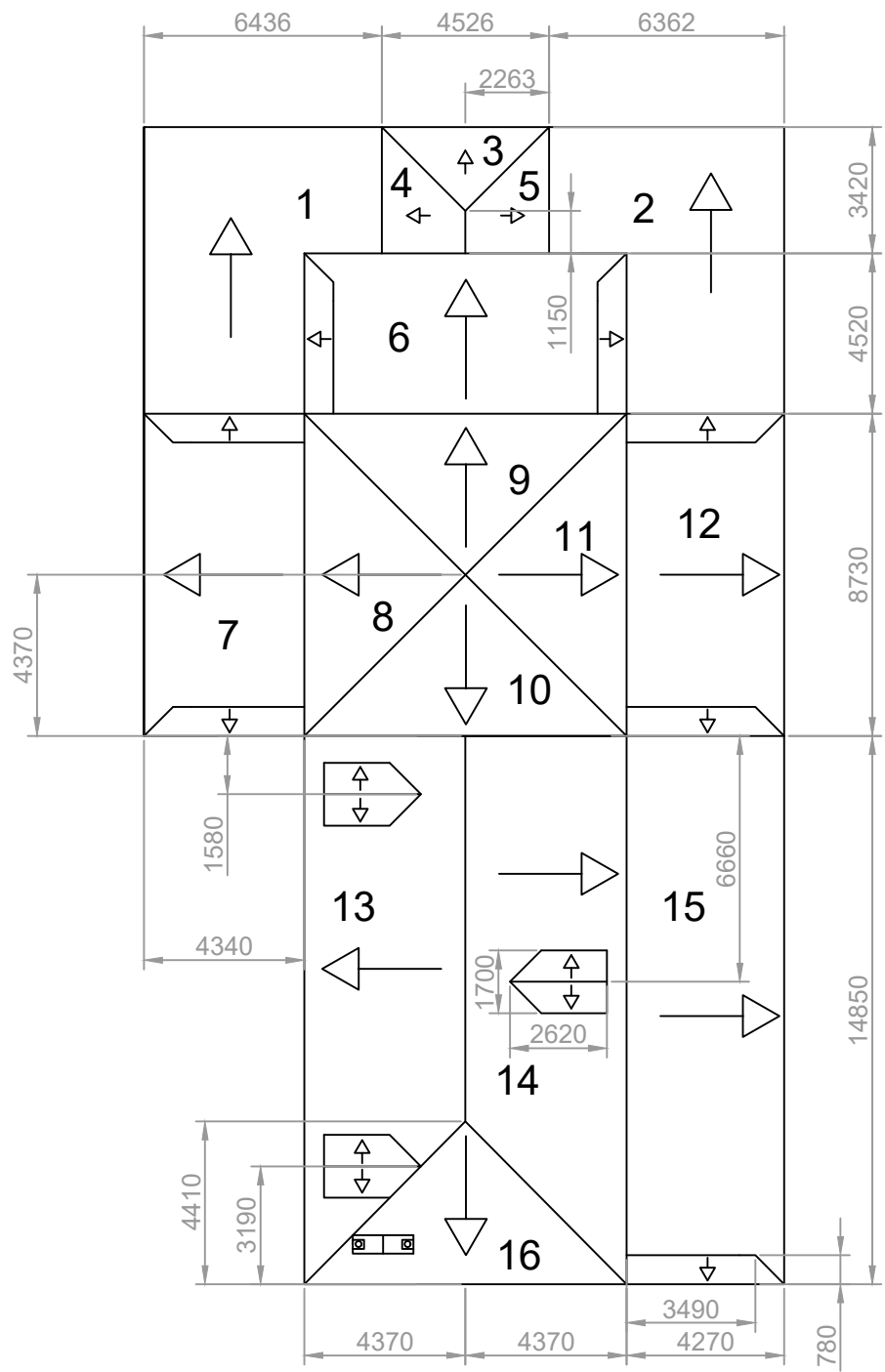
FIRMA:

FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACION:
POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

FECHA: 24-03-2025
ESCALA: 1/200

Nº EXPEDIENTE: TFGEVR2025
Nº PLANO: 4



Angulos de la cubierta	
Zona 1 y Zona 2	25°
Zona 3	18°
Zona 4 y Zona 5	18,85°
Zona 6, Zona 7 y Zona 12	21°
Zona 8, Zona 9, Zona 10 y Zona 11	33°
Zona 13 y Zona 14	25°
Zona 15	25°
Zona 16	25°

Superficies de la cubierta	
Zona 1 y Zona 2	45,64 m ² por zona
Zona 3	5,56 m ² por zona
Zona 4 y Zona 5	5,47m ² por zona
Zona 6, Zona 7 y Zona 12	40,57 m ² por zona
Zona 8, Zona 9, Zona 10 y Zona 11	22,74 m ² por zona
Zona 13 y Zona 14	60,54 m ² por zona
Zona 15	70,42 m ² por zona
Zona 16	21,14 m ² por zona
Total	533,09 m ² por zona

Las superficies incluyen las pequeñas zonas de canalización en los bordes de la zona 6, 7, 12 y 15. En las zonas 13 y 14 también se incluye el área de los pequeños tragaluces cegados.



PROYECTO: Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

DESIGNACION PLANO: Plano de cubierta de la ermita

FIRMA:

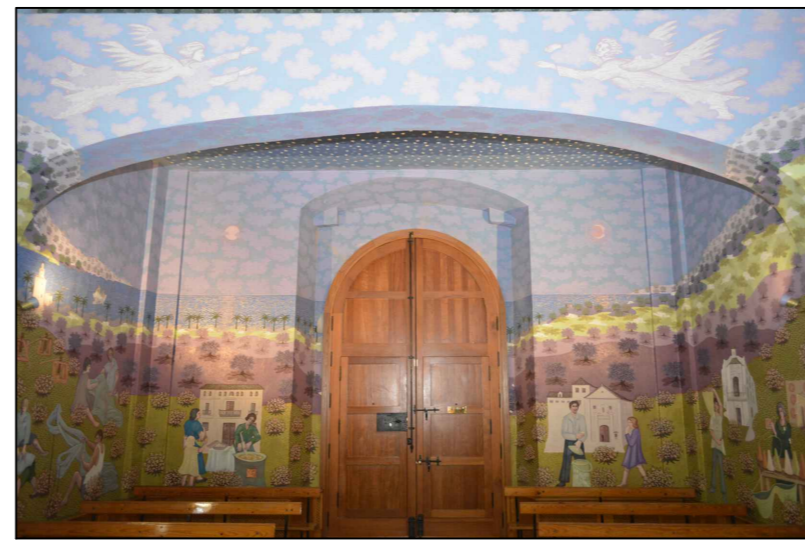
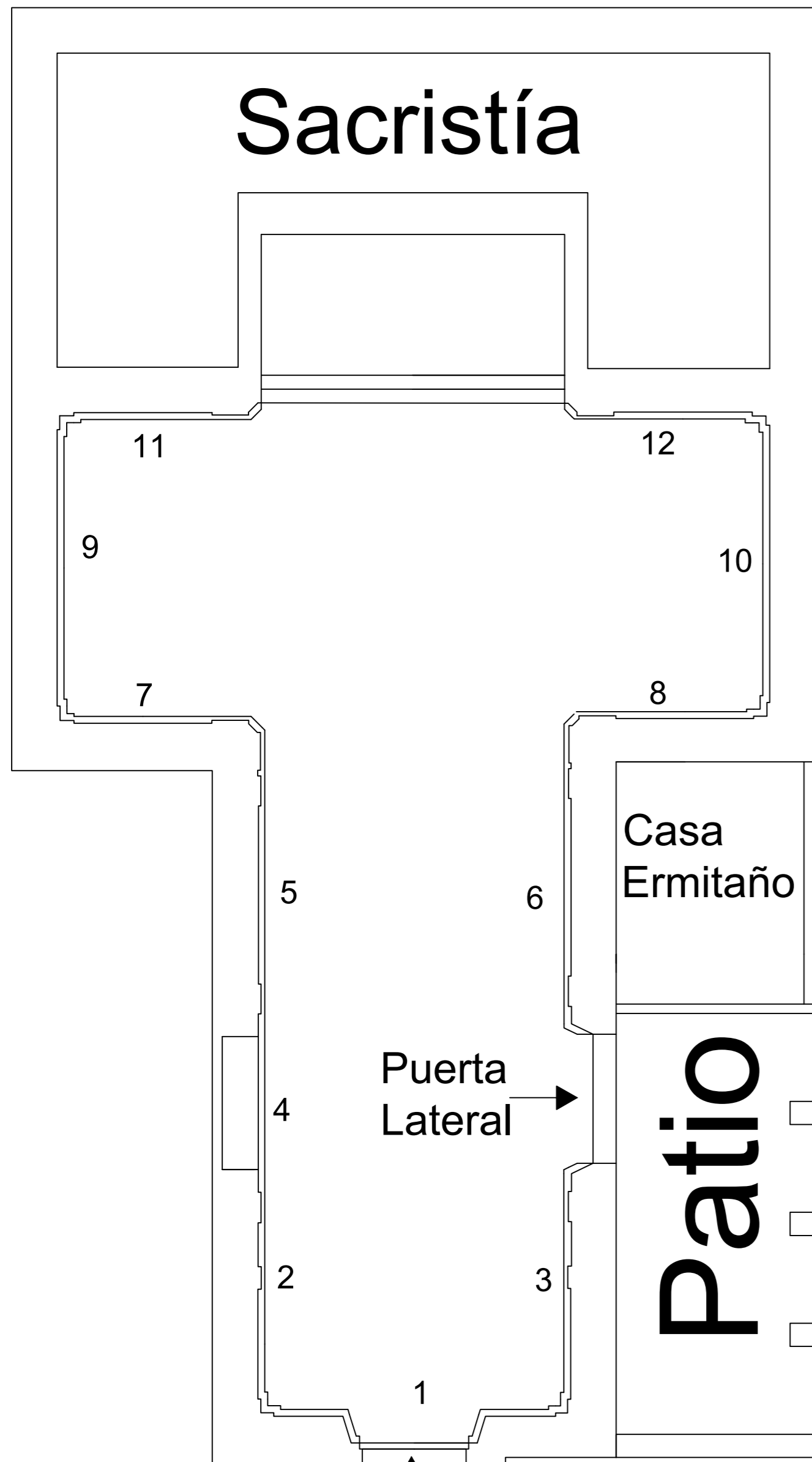
FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACION:
POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

FECHA: 24-03-2025 ESCALA: 1/200

Nº EXPEDIENTE: TFGEVR2025 Nº PLANO: 5

Sacristía



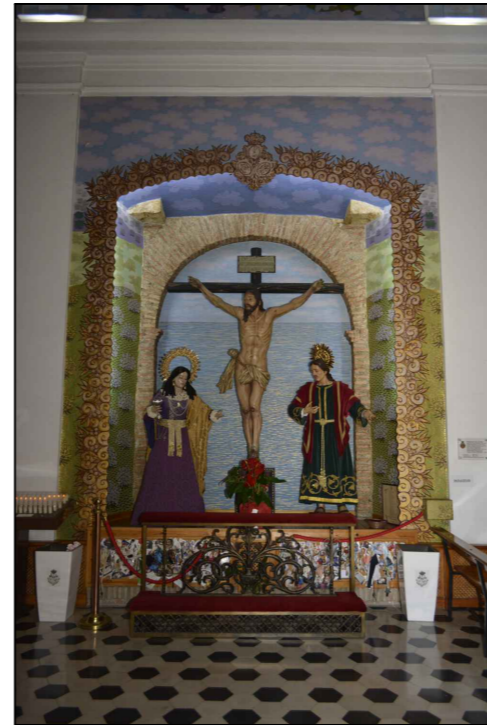
Muro 1



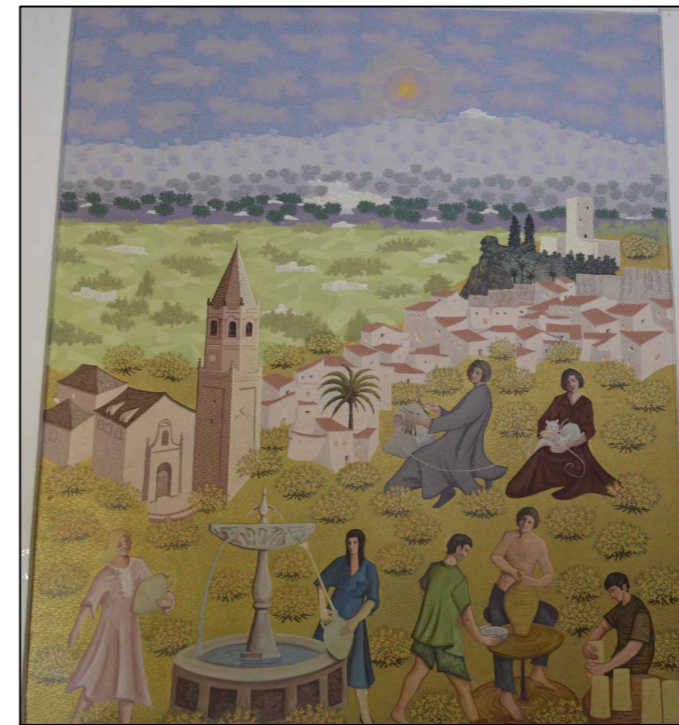
Muro 2



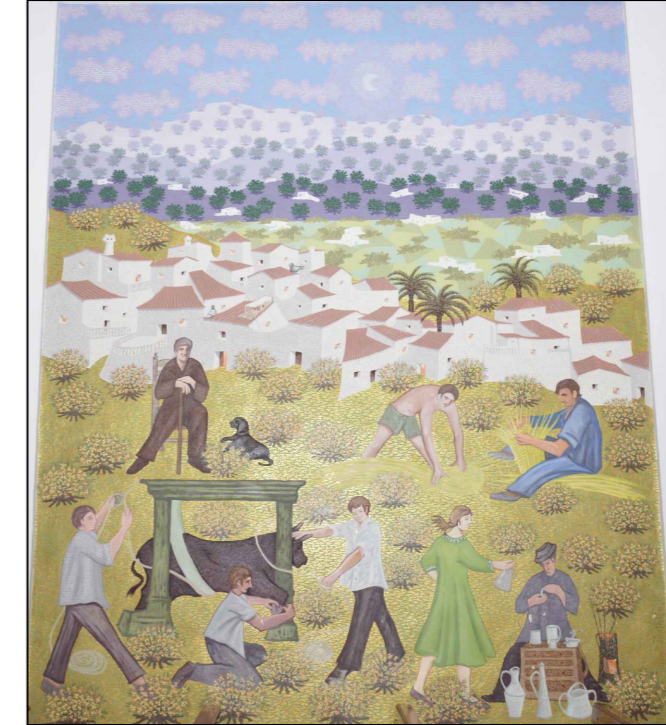
Muro 3



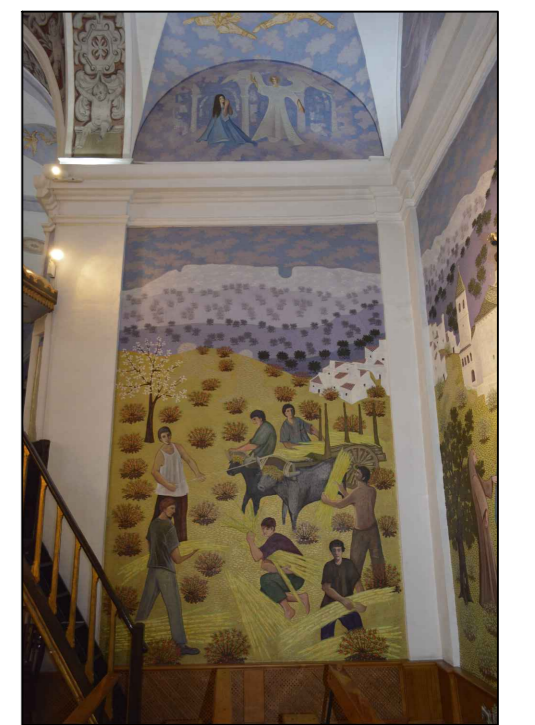
Muro 4



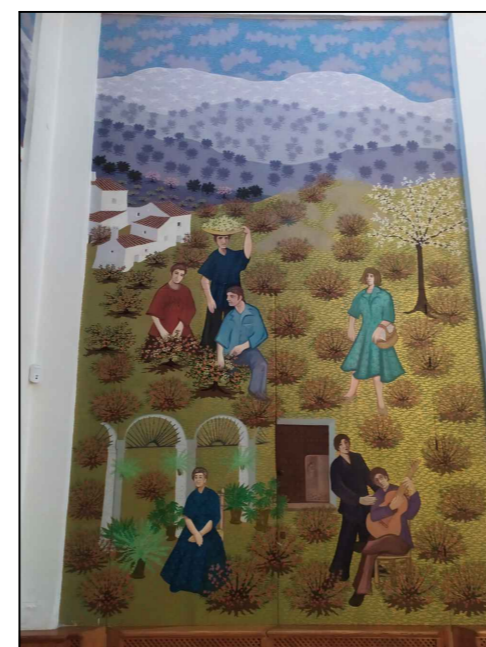
Muro 5



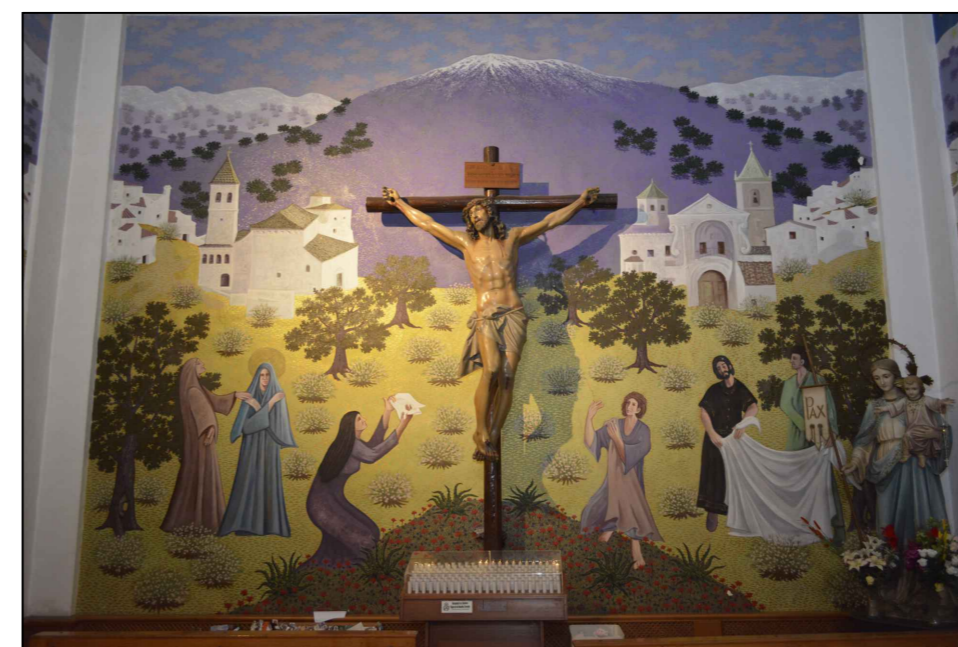
Muro 6



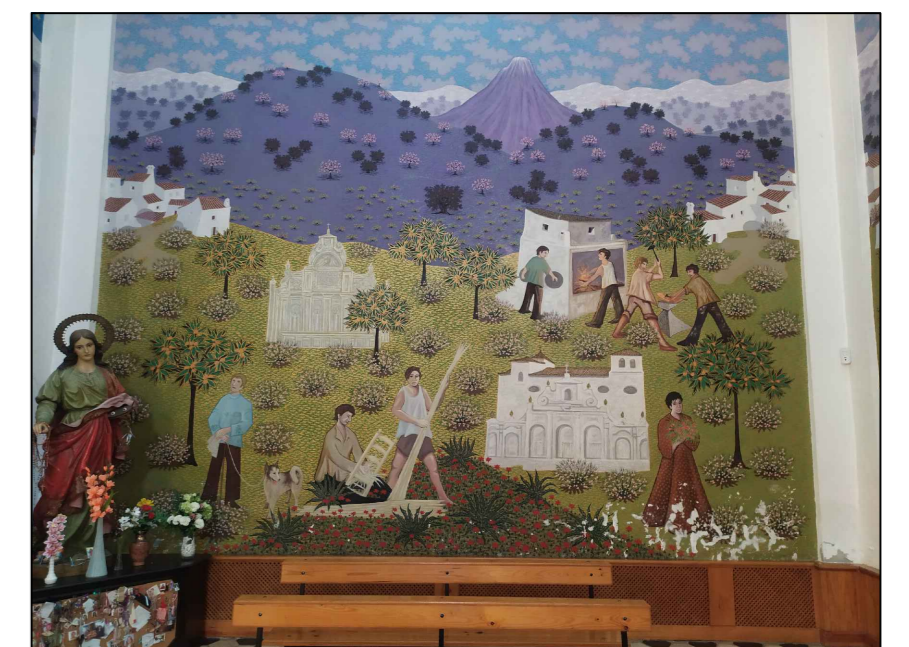
Muro 7



Muro 8



Muro 9



Muro 10

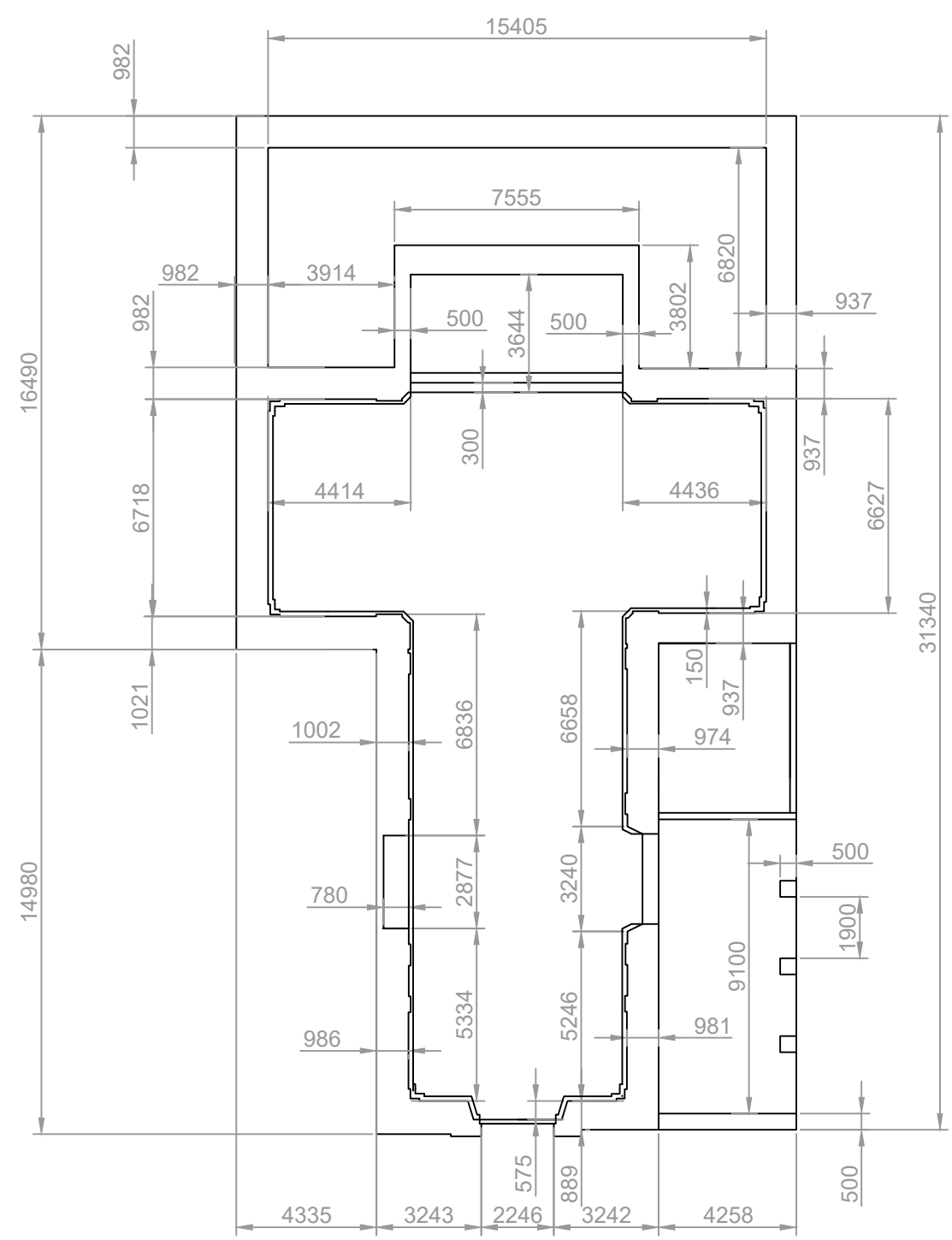
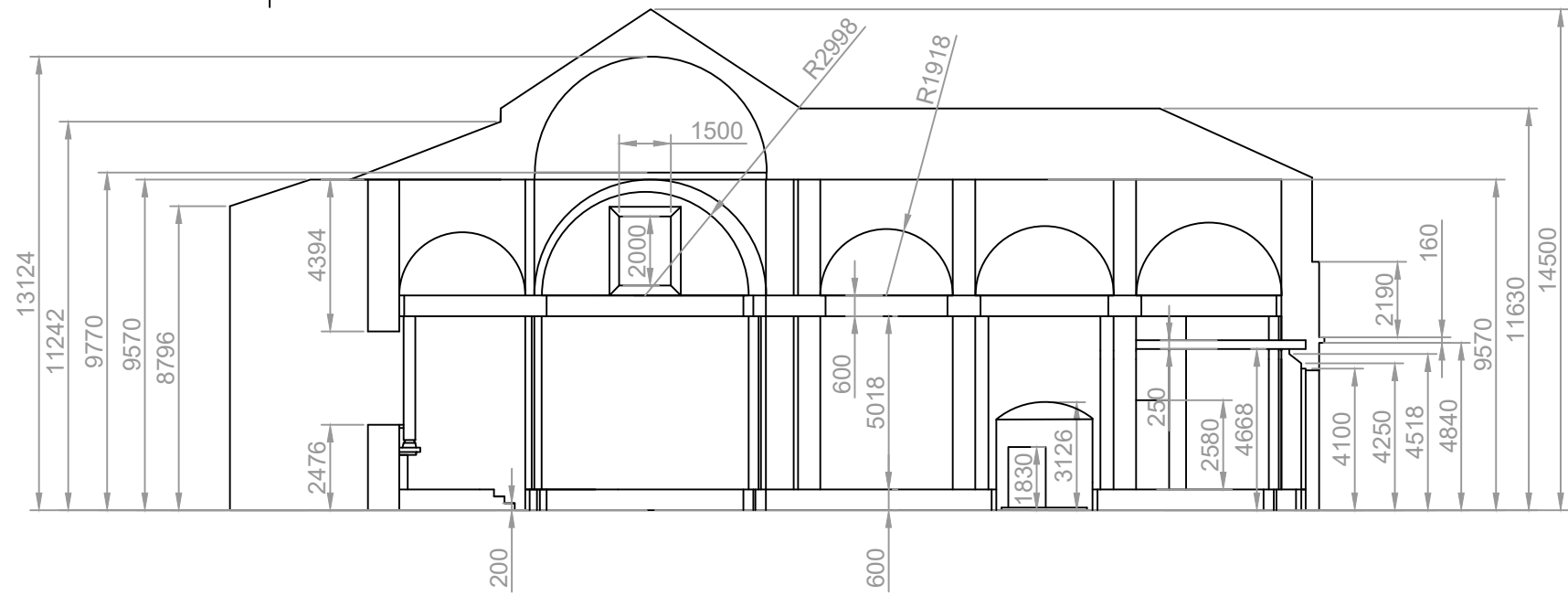


Muro 11



Muro 12

<p>Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos</p>	<p>PROYECTO: <i>Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)</i></p>	
	<p>DESIGNACIÓN PLANO: <i>Plano de distribución de los muros de la ermita</i></p>	<p>FIRMA: </p>	SITUACIÓN: POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700 SITA: U.T.M. Huao: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07
	<p>FECHA: 24-03-2025</p>	<p>ESCALA: 1/100</p>
	<p>Nº EXPEDIENTE: TFGEVR2025</p>	<p>Nº PLANO: 6</p>
	<p>FOO: Pablo Campos González GRUPO: Ingeniería Mecánica</p>	



Superficies dañadas por muro (realizada en el lugar)

Muro 1	0,7288 m ²
Muro 2	0,4232 m ²
Muro 3	0,1587 m ²
Muro 4	0 m ²
Muro 5	0,1074 m ²
Muro 6	0,2134 m ²
Muro 7	0,012 m ²
Muro 8	0 m ²
Muro 9	1,5128 m ²
Muro 10	5,3547 m ²
Muro 11	0,2645 m ²
Muro 12	0,017 m ²


Superficies de la ermita

Denominación	Superficie Construida (m ²)	Superficie Útil (m ²)
Iglesia	294,13	234,13
Sacristía	116,36	76,21
Patio	45,49	43,36
Casa	22,88	16,86
Total	478,86	370,56



PROYECTO: Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

DESIGNACION PLANO:
Plano de cotas y superficies de la ermita

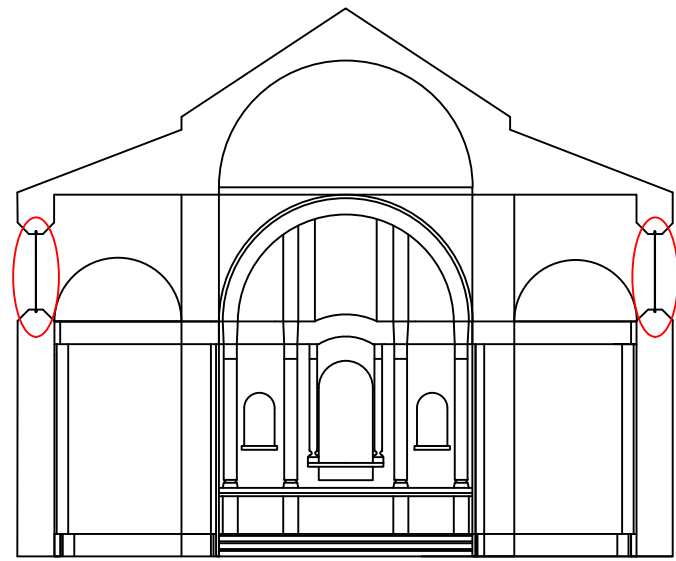
FIRMA:

 FDO.: Pablo Campos González
 GRUPO:
 GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACION:
 POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
 SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07
 FECHA: 24-03-2025
 ESCALA: 1/200
 N° EXPEDIENTE: TFGEVR2025
 N° PLANO: 7

1 2 3 4 5 6

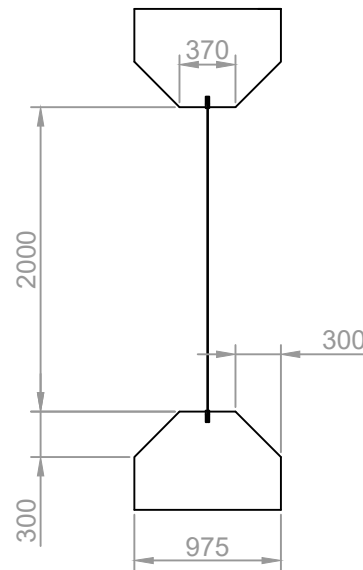
A

A

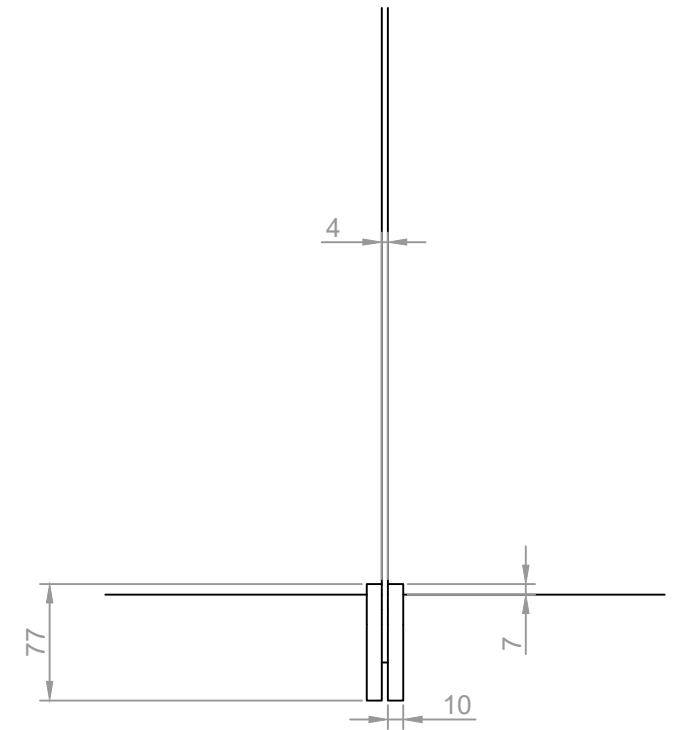


Altura del corte del puente térmico de la puerta

1000



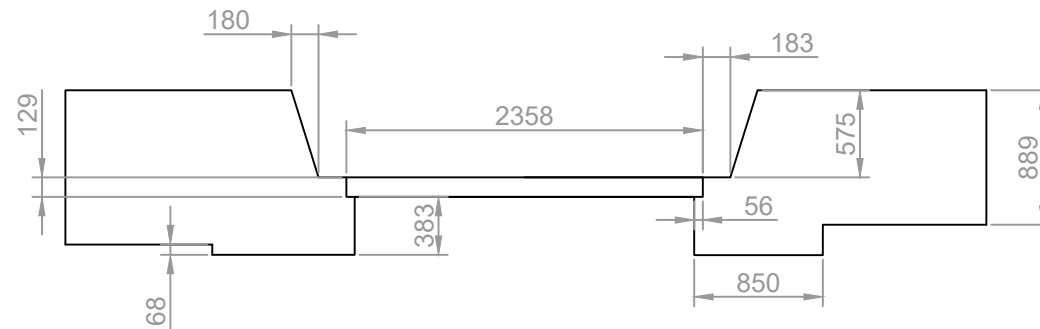
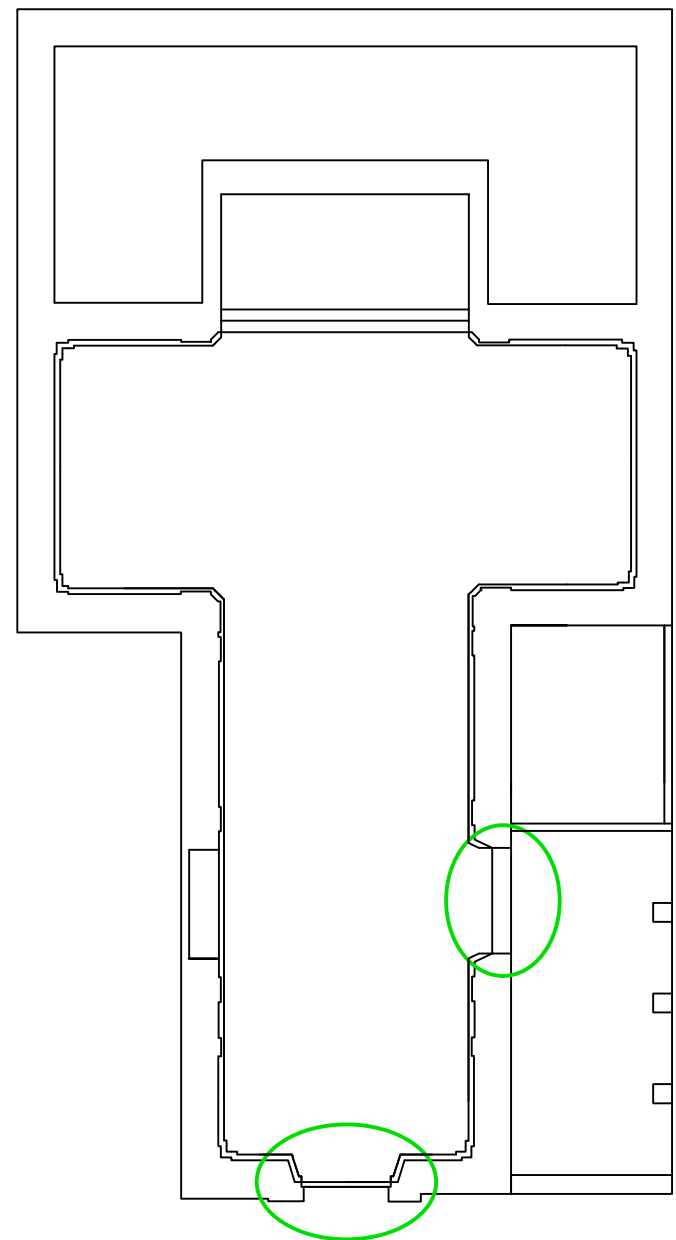
Detalle de la sección del puente térmico de la ventana:
Escala 1/50



Detalle de la sección del puente térmico de la ventana:
Escala 1/5

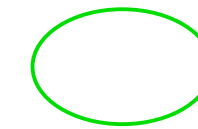
B

B



Detalle de la sección del puente térmico de la puerta: Escala 1/50

Leyenda



Ubicación de los puentes térmicos de la puerta



Ubicación de los puentes térmicos de la ventana

C

C



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

PROYECTO:
Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)

DESIGNACION PLANO:

*Plano de ubicación y
cotas de los puentes
térmicos de la ermita*

FIRMA:

FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACION:

POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

FECHA:

24-03-2025

ESCALA:

1/50

Nº EXPEDIENTE:

TFGEVR2025

Nº PLANO:

8

D

D

1 2 3 4 5 6

1

2

3

4

5

6

A

A

B

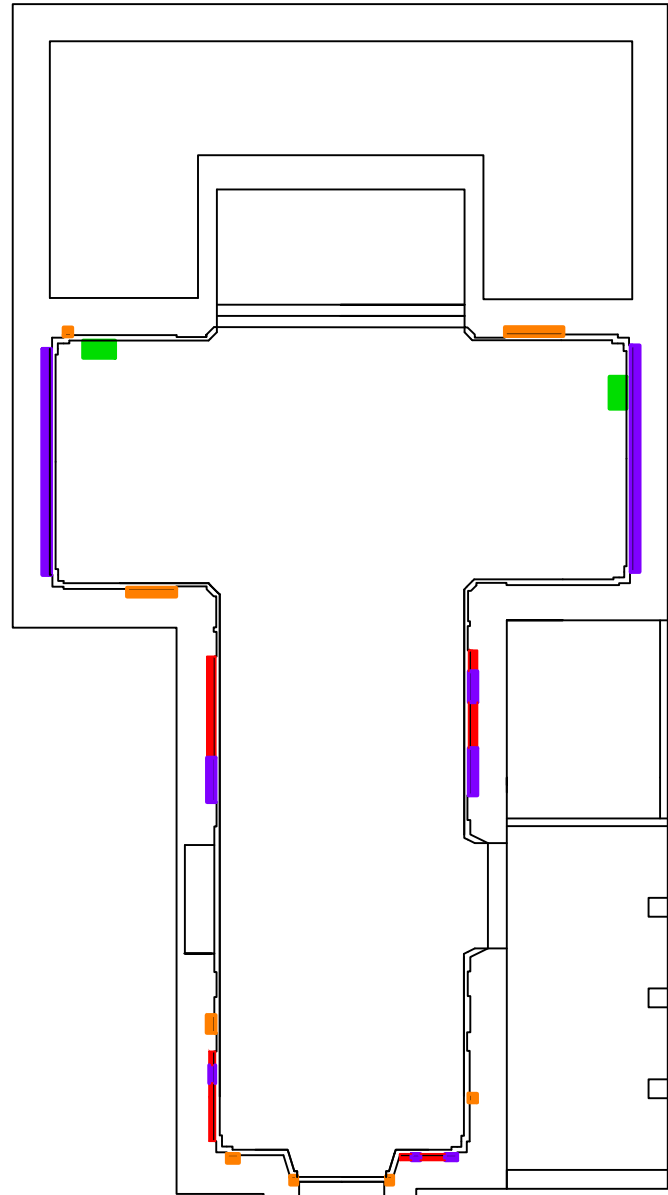
B

C





C

D

D




Leyenda

	Ubicación de deshumidificador
	Ubicación de inyecciones contra la humedad
	Zona de labores de restauración
	Ubicación de inyecciones contra la humedad y labores de restauración



PROYECTO: *Estudio y análisis de humedades en la "Ermita de la Virgen de los Remedios" (Vélez-Málaga)*

DESIGNACION PLANO: *Plano de soluciones interiores a aplicar en la ermita*

FIRMA: 

FDO.: Pablo Campos González
GRUPO:
GRADO: Ingeniería Mecánica

SITUACION:
POBLACION: Vélez-Málaga LOCALIDAD: Vélez-Málaga C.P.: 29700
SITA: U.T.M. Huso: 30 ETRS89 401989.84; 4071281.07

FECHA: *04-05-2025* ESCALA: *1/200*

Nº EXPEDIENTE: *TFGEVR2025* Nº PLANO: *9*

1

2

3

4

5

6

17. Pliego

El pliego de condiciones es uno de los apartados más largos de este tipo de proyectos, ya que incluye las condiciones y normas de carácter general y las condiciones particulares compuestas por condiciones técnicas, condiciones facultativas, condiciones económicas y condiciones administrativas o legales.

Para este trabajo, se van a incluir solamente los pliegos de condiciones de las soluciones a aplicar, es decir, de los procesos y máquinas que han sido elegidas para su implantación en la ermita. Esto se debe a que un pliego de un proyecto como este puede llegar a tener 400 páginas de longitud, las cuales en su mayoría son similares, si no iguales, a las de la mayoría de los proyectos existentes, ya que la mayoría de los pliegos se obtienen de programas como CYPE Arquímedes o bancos de datos. Es por esto por lo que por comodidad del lector y para no sobrecargar ni alargar el trabajo, se ha tomado esta decisión.

17.1. Ventilación natural

Al ser este procedimiento una acción a tomar que no requiere de aplicación o instalación no existe un pliego de condiciones técnicas.

17.2. Deshumidificador

Características técnicas de la unidad de obra: Deshumidificador portátil.

Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m³/h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico 240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314a. Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.

Condiciones técnicas para la instalación.

A la hora de realizar la instalación el número de unidades previstas se encuentra en la documentación gráfica y en las mediciones. Antes de su instalación se debe asegurar que esta se esté realizando en una zona correspondiente.

Para realizar la ejecución solo será necesario la ubicación del aparato y el correcto conexionado con la red eléctrica.

El deshumidificador deberá estar protegido contra golpes y salpicaduras.

17.3. Inyecciones químicas

Características técnicas de la unidad de obra: Inyección para tratamiento contra las humedades por capilaridad en muros de ladrillo cerámico macizo.

Proceso de inyección de emulsión a base de silanos, previa realización de perforaciones horizontales en las juntas, en muros de fábrica de ladrillo cerámico macizo, para tratamiento de humedades por capilaridad.

Condiciones técnicas para la instalación.

A la hora de realizar la instalación el número de unidades previstas se encuentra en el documento de las mediciones. El muro donde se van a realizar las intervenciones debe ser firme (resistencia a tracción mínima de 1 N/mm²) y estar limpio y exento de residuos, aceites, grasas, restos de desencofrantes y pinturas. Para asegurar la consistencia del material se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C o superior a 30°C.

Ejecución y mantenimiento.

La ejecución consistirá en el replanteo de las perforaciones, realización de estas, limpieza del polvo resultante, inyección hasta la saturación y finalmente la limpieza de los restos generados.

Se protegerá al producto de la acción del sol y lluvia tras su aplicación.

No será necesario posteriores mantenimientos.

17.4. Impermeabilización de la cubierta

Características técnicas de la unidad de obra: Impermeabilización líquida de cubiertas.

El proceso consiste en la impermeabilización líquida de cubiertas, sobre superficie soporte de tejas cerámicas. Formado por dos capas de revestimiento impermeabilizante, a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo.

Esta es la normativa que aplicar para la ejecución de este procedimiento:

- CTE. DB-HS Salubridad.
- CTE. DB-SI Seguridad en caso de incendio.

Condiciones técnicas para la instalación.

A la hora de realizar la instalación la superficie prevista se encuentra en la documentación gráfica y en las mediciones.

Antes de comenzar con la ejecución se comprobará la superficie base donde se va a realizar el procedimiento, que debe ser resistente y encontrarse limpia. Debido a la realización en exterior de este proceso, por motivos de seguridad, los trabajos serán suspendidos cuando llueva o exista viento cuya velocidad es mayor a 50km/h.

Ejecución y mantenimiento.

La ejecución comenzará por la limpieza de la superficie donde se realizará la imprimación, en caso de que esta esté limpia, o una vez limpiada, se aplicará la imprimación y el impermeabilizante. Posteriormente, tras un tiempo de secado, se realizará nuevamente el proceso de imprimación e impermeabilización. Esta impermeabilización será estanca al agua y deberá existir una adecuada y continua adherencia al soporte.

Una vez aplicada esta impermeabilización, se deberá proteger durante 24 horas de lluvias, altas temperaturas o heladas.

17.5. Impermeabilización de la fachada

Características técnicas de la unidad de obra: Impermeabilización líquida de cubiertas.

El proceso consiste en la impermeabilización líquida de fachada, sobre superficie vertical de ladrillo cerámico y mortero. La impermeabilización se realiza mediante la aplicación de dos capas del producto a base de resinas y siloxanos. Color blanco. Incluye limpieza y aplicación de puente de unión anterior a la aplicación del producto impermeabilizante.

Esta es la normativa que aplicar para la ejecución de este procedimiento:
-CTE. DB-HS Salubridad.

Condiciones técnicas para la instalación.

A la hora de realizar la instalación la superficie prevista se encuentra en la documentación gráfica y en las mediciones.

Antes de comenzar con la ejecución se comprobará la superficie base donde se va a realizar el procedimiento, que debe ser resistente y encontrarse limpia. Debido a la realización en exterior de este proceso, por motivos de seguridad, los trabajos serán suspendidos cuando llueva o exista viento cuya velocidad es mayor a 50km/h.

Ejecución y mantenimiento.

La ejecución comenzará por la limpieza de la superficie donde se realizará la imprimación, consistente en la retirada de la pintura anterior y aplicación del puente de unión. Posteriormente, tras un tiempo de secado, se realizará nuevamente el proceso de impermeabilización. Esta impermeabilización será estanca al agua y deberá existir una adecuada y continua adherencia al soporte.

Una vez aplicada esta impermeabilización, se deberá proteger durante 24 horas de lluvias, altas temperaturas o heladas.

17.6. Proceso de restauración

Características técnicas de la unidad de obra: Restauración de pinturas al fresco.

Restauración artística de pinturas al fresco, sobre muros de yeso, mortero o fábrica de ladrillos. Consistente en limpieza, preparación de soporte y pintura de zonas afectadas. Uso de pinturas y materiales especializados, para cada uno de los soportes.

Condiciones técnicas para la realización del procedimiento.

La superficie donde se aplica será medida en proyección vertical, según documentación gráfica de proyecto y en las mediciones, desde las caras donde se aplica el procedimiento.

Para realizar el procedimiento, se comprobará que la superficie de la base, que será el soporte, es resistente, uniforme y plana, está limpia y carece de restos de obra.

Ejecución y mantenimiento.

El proceso comienza con la limpieza de la superficie soporte, para posteriormente, realizar el proceso restaurativo usando pinturas especiales para el tipo de soporte a aplicar. Terminado el proceso de restauración usando pintura, se aplicará protección específica a esta misma.

Con respecto al mantenimiento se protegerá frente al tránsito, polvo, lluvias, heladas, alta humedad y temperaturas elevadas, al menos durante las 24 horas siguientes a su aplicación.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

18. Mediciones

18.1. Deshumificador

Existe en el mercado una gran variedad de deshumidificadores, los cuales tienen diversas capacidades y potencias de deshumidificación. A la hora de decidir el número de aparatos de deshumidificación hay que tener en cuenta diversos factores, como puede ser el caudal nominal de aire que permite deshumidificar, el rango de funcionamiento en el que trabaja el deshumidificador, el nivel sonoro que produce o las dimensiones de este. Como es común, los aparatos más que más caudal tienen son los más voluminosos y ruidosos.

Como se comentó en el apartado de requisitos de diseño, se requiere que las medidas a instalar causen el menor daño estético y ruido posible. Es por esto por lo que es complicado que esta solución pueda ser todo lo eficaz que debería ser, ya que se deben utilizar, por tanto, deshumidificadores de pequeño tamaño y poco ruido. Esta falta de eficacia podría suplirse con el uso de un gran número de deshumidificadores, el problema reside en el daño visual que causaría la instalación de un gran número de deshumidificadores. Es por esto por lo que se ha decidido el uso de dos deshumidificadores lo más pequeños y silenciosos posibles y, aunque sacrificando parte de la eficacia, que sean los más eficientes posibles.

La ubicación de estos deshumidificadores se encuentra indicada en los planos. Se han elegido estas dos ubicaciones debido a varios criterios, siendo estos la menor molestia posible para el tráfico o ubicación de visitantes de la ermita, el menor daño visual y sonoro, la facilidad para ubicar estos deshumidificadores, así como su conexión a la red y el número de muros cercanos a la ubicación de estos.

Es por esto por lo que se ha decidido ubicar estos deshumidificadores en las alas laterales de la ermita, donde el perjuicio visual es menor y a la vez el número de muros cercanos es mayor. No solo eso, estas zonas debido a la disposición y forma de la ermita, podrán recibir poca ventilación natural con respecto a otras zonas esta, por lo que esta ubicación del deshumidificador permitirá una mejora de las condiciones interiores en las áreas menos ventiladas.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Nº	Ud	Descripción	Medición
1	Ud	Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m ³ /h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico 240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314a. Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.	

	Uds	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Crucero ermita	1				1	
Ala derecha	1				1	
					<hr/> 2	2
					<hr/> Total Ud:	2

18.2. Inyecciones químicas

La ubicación de las inyecciones químicas se encuentra indicadas en los planos, estas ubicaciones responden a los muros más afectados por las humedades. Los muros 1,2,5,6,9 y 10 son los más dañados por la humedad, con especial atención al muro 10, en el cual hay pruebas de la existencia de humedad por capilaridad. En el resto de los muros los daños son menores.

Este procedimiento tiene la función principal de hacer de barrera de las humedades por capilaridad, por lo tanto, su uso se basa en la prevención de estos daños. Es por esto por lo que, para evitar daños mayores en los muros más afectados, se ha decidido aplicar esta solución en los muros anteriormente mencionados.

Esta solución viene en unidades de obra que se encuentran medidas en unidades, es decir, cada unidad representa la realización de una perforación y la introducción del producto químico en esta.

El procedimiento para obtener el número de mediciones y por tanto de aplicaciones para esta solución por muro ha sido el siguiente: se ha medido la distancia horizontal del muro en el cual se va a aplicar las perforaciones, con este dato, se va a tener en cuenta que la distancia recomendada en proyección horizontal entre las perforaciones a realizar es de 11 cm, por tanto, solo será necesario realizar la división entre longitud del muro entre distancia entre perforaciones. Si cada perforación representa una inyección química, el resultado de la operación anterior será el número de unidades a aplicar en cada uno de los muros.

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	Ud	Proceso de inyección de emulsión a base de silanos, previa realización de perforaciones horizontales en las juntas, en muros de fábrica de ladrillo cerámico macizo, para tratamiento de humedades por capilaridad.						
Muro 1	12						12	
Muro 2	20						20	
Muro 5	32						32	
Muro 6	32						32	

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

Muro 9	56	56	
Muro 10	55	55	
		<hr/>	
		207	207
		<hr/>	
		Total Ud:	207

18.3. Impermeabilización de la cubierta

Para la impermeabilización de la cubierta, como es evidente, es necesario conocer el tamaño de esta, concretamente de toda la superficie, ya que carecería de sentido realizar una impermeabilización parcial de esta cubierta. Al tener este procedimiento la intención de proteger a la ermita contra futuras filtraciones se deberá aplicar en el total de la cubierta.

Para realizar estas mediciones, no ha sido posible realizar estas mediciones en el lugar debido a que la cubierta se encuentra a gran altura y no se disponen de los permisos y medidas de seguridad para poder realizarlas. Es por esto por lo que esta medición se ha realizado observando fotografías de las cubiertas de la ermita, así como imágenes satelitales de esta. Para la medición de las longitudes y distancias se ha decidido basarse en las medidas de las diversas partes de la planta de la ermita, y teniendo en cuenta la inclinación de las cubiertas basándose en las medidas de la ermita.

Para poder calcular la superficie de la cubierta, debido a la complicada geometría de esta, se ha decidido dividirla en diversas zonas, como se puede ver en el plano pertinente. Estas zonas se han elegido con la función de facilitar el cálculo de la superficie, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de la cubierta. La medición se ha realizado de esta manera para optimizar al máximo posible la superficie calculada de la cubierta, con el fin de ajustar al máximo posible el presupuesto.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
3	m ²	Impermeabilización líquida de cubiertas, sobre superficie soporte de tejas cerámicas. Formado por dos capas de revestimiento impermeabilizante, a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo.						
Zona 1							45,64	
Zona 2							45,64	
Zona 3							5,56	
Zona 4							5,47	
Zona 5							5,47	
Zona 6				4.65	8.73		40,57	
Zona 7				4.65	8.73		40,57	
Zona 8							22,74	
Zona 9							22,74	
Zona 10							22,74	
Zona 11							22,74	
Zona 12				4.65	8.73		40,57	
Zona 13							60,54	
Zona 14							60,54	
Zona 15				4,74	14,85		70,42	
Zona 16							21,14	
							533,09	533,09
							Total m ² :	533,09

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

18.4. Impermeabilización de la fachada

En este caso, la impermeabilización de la fachada se va a realizar en toda la superficie de esta. Para estas mediciones, no se ha podido medir de manera manual y directa en el lugar la altura de los muros, la cual se ha obtenido mediante trigonometría y haciendo escalas mediante el uso de fotografías. Como es evidente se ha omitido medir las partes en las se encuentran las cubiertas.

Se ha decidido a la hora de realizar las líneas de mediciones y organizarlas escoger las cuatro zonas principales donde se ubican los muros con respecto a la puerta principal. Por tanto, estas zonas serían alzado, lateral izquierdo, lateral derecho y parte trasera. Todos los muros que sean paralelos los unos a los otros y su perpendicular se encuentre en la misma dirección y sentido pertenecerán al mismo grupo.

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
4	m ²	Impermeabilización líquida de fachada, sobre superficie vertical de ladrillo cerámico y mortero. Realizada mediante la aplicación de dos capas del producto a base de resinas y siloxanos. Color blanco. Incluye limpieza y aplicación de puente de unión anterior a la aplicación del producto impermeabilizante.						
		Muros del alzado					138,68	
		Muros laterales izquierdo					307,57	
		Muros laterales derecho					271,57	
		Muros del fondo					132,33	
							<hr/>	
							850,15	850,15
							<hr/>	
							Total m ² :	850,15

18.5. Proceso de restauración

Para realizar la medición del proceso de restauración, se han tomado medidas de aquellas zonas en las que sería conveniente realizar un proceso de restauración. Estas mediciones se han realizado en la propia ermita mediante la observación del estado de los frescos en el momento de realización del trabajo.

A la hora de tomar estas medidas, se debe tener en cuenta que en no todas las zonas dañadas se pueden acceder y tomar medidas de manera sencilla. Las zonas dañadas fácilmente accesibles y que están a poca altura con respecto al suelo han sido medidas con el uso de cintas métricas, mientras que en aquellas que zonas dañadas que se encuentran a gran altura, se ha tenido que realizar una estimación de la superficie dañada. Las zonas dañadas en los muros se encuentran indicadas tanto en el anexo pertinente como en proyección horizontal en el plano dedicado a las soluciones.

Se debe tener en cuenta que estas mediciones no dejan de ser una estimación basadas en un criterio personal de qué se encuentra dañado y qué no. La superficie total dañada deberá ser calculada con respecto al criterio de los técnicos de patrimonio, así como de los restauradores, quienes están más capacitados para poder determinar esta superficie.

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
5	m ²	Restauración artística de pinturas al fresco, sobre muros de yeso, mortero o fábrica de ladrillos. Consistente en limpieza, preparación de soporte y pintura de zonas afectadas. Uso de pinturas y materiales especializados, para cada uno de los soportes.						
Muro 1			0.7288				0,7288	
Muro 2			0.4232				0,4232	
Muro 3			0.1587				0,1587	
Muro 4			0				0	
Muro 5			0.1074				0,1074	
Muro 6			0.2134				0,2134	

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

Muro 7	0.012	0,012	
Muro 8	0	0	
Muro 9	1.5128	1,5128	
Muro 10	5.3547	5,3547	
Muro 11	0.2645	0,2645	
Muro 12	0.017	0,017	
		8,7925	8,7925
			Total m ² : 8,7925

19. Presupuesto

19.1. Justificación de precios elegidos

Los precios indicados en este presupuesto se basan, en medida de lo posible, en los precios existentes en el mercado actual, para ello se ha realizado un estudio de los productos que componen las diferentes soluciones con el fin de ajustarse lo máximo posible a la realidad. Se ha hecho uso de programas como el Generador de Precios de CYPE Arquímedes para, en las soluciones en las que ha sido posible, obtener una estimación de los precios.

Estos precios han sido adaptados en medida de lo posible a los productos que se requieren para aplicar las soluciones, es decir, se han modificado atendiendo a criterios como pueden ser las características de las soluciones, la superficie donde se van a aplicar o el método de aplicación.

19.1.1. Ventilación natural

En este caso no tenemos gasto alguno en la implantación de este procedimiento, debido a que al igual que el ermitaño de la ermita, abre la puerta secundaria, también podrá abrir a la vez la puerta principal.

Se desconoce el convenio que tiene el ermitaño tanto con el ayuntamiento como con la parroquia a la cual pertenece la ermita, por lo tanto, no se va a suponer ni especular sobre precios, gastos o salarios.

19.1.2. Deshumidificador

En el mercado existe una amplia variedad de aparatos de deshumidificación. Una gran cantidad de empresas ofertan soluciones para la deshumidificación basadas en diversas tecnologías y de distintos tamaños, capacidades, potencias, características y evidentemente precios.

Los precios oscilan entre los 100€ y los 4000€, en muchos casos para deshumidificadores de similares características se pueden encontrar gran variedad de precios. Es por esto por lo que el precio se ha obtenido mediante el estudio de los precios de diversos deshumidificadores de características similares a las que se requieren. Todos estos datos se han obtenido de empresas confiables del sector, por lo que se puede decir que el precio del

deshumidificador propuesto es adecuado, ajustado y se basa en parámetros realistas.

19.1.3. Inyecciones para capilaridad

Existen diversos productos propuestos por diferentes empresas para la aplicación de estas inyecciones. Si bien es cierto que existe una gran variedad de productos, en diversos formatos. No existen grandes diferencias de precio entre los diferentes formatos en los que se puede aplicar la solución, por lo que el criterio a elegir es la comodidad del operario a la hora de realizar la operación. Es por esto por lo que el precio está ajustado al mercado vigente.

19.1.4. Impermeabilización de cubiertas

Con respecto a la impermeabilización de cubierta no existe solo método o producto para la realización de este proceso, en este caso se ha decidido primar la comodidad y facilidad de la aplicación de la solución, es por esto por lo que se ha decidido la aplicación de un producto de consistencia líquida. Esta solución además es de las más económicas del mercado, ya que, aunque es necesario la aplicación de dos capas, estos productos se suministran en garrafas o cubos, lo cual constituye una opción más económica que el uso de láminas para impermeabilización y además no necesita de puentes de unión.

Con respecto a los precios derivados de la mano de obra por horas, este proceso, debido a que se realiza el exterior, puede verse afectado. Esto se debe a que, por motivos de seguridad, en caso de viento o posibles precipitaciones, sería necesario detener la aplicación del impermeabilizante, y en algunos casos, realizar una nueva imprimación, lo cual supone un aumento de las horas de trabajo y por tanto un aumento del precio.

19.1.5. Impermeabilización de fachada

Para la impermeabilización de la fachada se han decidido utilizar un producto líquido de fácil aplicación mediante el uso de rodillos. Este método no solo permite una correcta impermeabilización, sino que es el método más rápido y seguro de aplicar, lo que lleva directamente a un ahorro económico, disminuyendo el número de jornadas en las que realizaría este procedimiento.

Además, este formato líquido viene suministrado en cubos, al igual que la pintura, lo que reduce el precio de venta significativamente y permite su

adquisición en grandes cantidades, pero reduciendo en medida de lo posible el gasto derivado del sobrante de material.

Si bien es cierto que la utilización del puente de unión aumenta el precio de la aplicación de este procedimiento de manera significativa, asegurar la adherencia de la capa impermeabilizante permitirá que se minimicen las pérdidas del producto lo que supondrá un ahorro debido a que se disminuye el mantenimiento y se reduce la necesidad de aplicar de nuevo el producto en zonas donde este se desprenda. Además, esto permitirá que pueda transcurrir más tiempo hasta una futura aplicación del impermeabilizante.

19.1.6. Proceso de restauración

El proceso restaurativo es uno de los procesos más difíciles de tasar, ya que la mayoría de las empresas especializadas prefieren realizar primero un pequeño estudio de las zonas dañadas con la intención de posteriormente realizar un presupuesto. Es por esto por lo que esta parte del presupuesto puede no ajustarse exactamente a la realidad.

También se debe tener en cuenta, que como se comentó en el apartado de las mediciones, las superficies a tratar se han obtenido mediante la observación empírica y a criterio personal. Es decir, el precio podría aumentar o descender con respecto a las superficies que los técnicos de patrimonio o restauradores consideren convenientes en restaurar.

El precio de la mano de obra de este proceso se ha obtenido mediante una estimación con respecto de otros trabajos y precios de labores similares. Se debe considerar que este es un trabajo de artesanía, que solamente realizan personal cualificado y que se desconoce la duración exacta de todo este proceso.

Sin duda alguna, este proceso será el más costoso, así como longevo en el tiempo, por lo que es de esperar que el coste final ascienda a una cifra considerablemente mayor a la que aquí se indica, si bien es cierto que se ha intentado adecuarse las estimaciones y cálculos lo máximo posible a la realidad.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.2. Cuadro de precios unitarios

19.2.1. Cuadro de precios unitarios de materiales

Cuadro de precios unitarios de materiales					
Número	Denominación del material	Precio	Cantidad	Unidad	Total (€)
1.1.	Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m ³ /h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico 240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314a. Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para	415,95	2	Ud	831,90

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

	aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.				
2.1.	Cartucho de emulsión a base de silanos, de 300ml, para aplicar con pistola para tratamiento de humedades por capilaridad.	13,42	20,49	Ud	274,98
3.1.	Imprimación a base de resinas acrílicas.	6,70	106,62	6g	714,35
3.2.	Revestimiento impermeabilizante a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo, con resistencia a los rayos UV.	10,94	1066,18	kg	11664,01
4.1.		5.96	850,15	kg	5066,89
4.2.	Adhesivo de dos componentes a base de resina epoxi, sin disolventes, como puente de unión, según UNE-EN 1504-4.	15.62	850,15	kg	13279,34
5.1.	Pinturas especializadas	31,76	26,3775	Ud	837,75
5.2.	Material para realizar pintura	70	0,87925	Ud	61,55
Total materiales:					32730,77

Tabla 19: Cuadro de precios unitarios de materiales.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA “ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS” (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.2.2. Cuadro de precios unitarios de mano de obra

Cuadro de precios unitarios de mano de obra					
Número	Denominación del material	Precio	Cantidad	Unidad	Total (€)
1.2.	Trabajo de Oficial 1º instalador de climatización y deshumidificadores.	23,46	2	h	46,92
1.3.	Trabajo de ayudante instalador de climatización y deshumidificadores.	22,33	2	h	44,66
2.2. ; 3.3. y 4.3.	Trabajo de Oficial 1º aplicador de productos impermeabilizantes.	23,10	233,07	h	5383,82
2.3. ; 3.4. y 4.4.	Trabajo de ayudante aplicador de productos impermeabilizantes	21,94	306,09	h	6715,52
5.3.	Trabajo de Oficial 1º de restauración artística.	30	703,4	hd	21102,00
5.3.	Trabajo de ayudante de restauración artística.	25	703,4	Ud	17585,00
Total mano de obra:					50877,92

Tabla 20: Cuadro de precios unitarios de mano de obra.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.2.3. Cuadro de precios unitarios de maquinaria

Cuadro de precios unitarios de maquinaria					
Número	Denominación del material	Precio	Cantidad	Unidad	Total (€)
3.5. y 4.5.	Alquiler de plataforma elevadora de brazo articulado	15	460,91	h	6913,67
5.5.	Alquiler de andamio	2	351,7	h	703,40
Total maquinaria:					7617,07

Tabla 21: Cuadro de precios unitarios de maquinaria.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.3. Cuadro de precios unitarios por unidad de obra por unidad

19.3.1. Deshumidificador

Nº	Ud	Descripción	Total
1	Ud	Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m ³ /h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico 240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314 ^a . Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.	

Nº	Cantidad	Ud	Descripción	Precio por unidad	Total
1.1.	1	Ud	Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m ³ /h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico	415,95	415,95

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

			240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314 ^a . Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.		
1.2.	1	h	Trabajo de Oficial 1º instalador de climatización y deshumidificadores.	23,460	23,460
1.3.	1	h	Trabajo de ayudante instalador de climatización y deshumidificadores.	22,330	22,330
1.4.	2	%	Costes directos complementarios	461,74	9,23
1.5.	3	%	Costes indirectos	470,97	14,13
<hr/>					
Precio total redondeado por Ud				.....	485,10 €

Son cuatrocientos ochenta y cinco euros con diez céntimos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.3.2. Inyecciones para capilaridad

Nº	Ud	Descripción	Total
2	Ud	Proceso de inyección de emulsión a base de silanos, previa realización de perforaciones horizontales en las juntas, en muros de fábrica de ladrillo cerámico macizo, para tratamiento de humedades por capilaridad.	

Nº	Cantidad	Ud	Descripción	Precio por unidad	Total
2.1.	0,099	Ud	Cartucho de emulsión a base de silanos, de 300ml, para aplicar con pistola para tratamiento de humedades por capilaridad	13,42	1,33
2.2.	0,162	h	Trabajo de Oficial 1º aplicador de productos impermeabilizantes.	23,10	3,74
2.3.	0,216	h	Trabajo de ayudante aplicador de productos impermeabilizantes.	21,94	4,74
2.4.	2	%	Costes directos complementarios	9,81	0,20
2.5.	3	%	Costes indirectos	10,01	0,30
Precio total redondeado por Ud				.....	10,31 €

Son diez euros con treinta y un céntimos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.3.3. Impermeabilización de cubiertas

Nº	Ud	Descripción	Total
3	m ²	Impermeabilización líquida de cubiertas, sobre superficie soporte de tejas cerámicas. Formado por dos capas de revestimiento impermeabilizante, a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo.	

Nº	Cantidad	Ud	Descripción	Precio por unidad	Total
3.1.	0,2	Kg	Imprimación a base de resinas acrílicas	6,70	1,34
3.2.	2	Kg	Revestimiento impermeabilizante a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo, con resistencia a los rayos UV.	10,94	21,88
3.3.	0,1	h	Trabajo de Oficial 1º aplicador de productos impermeabilizantes.	23,10	2,31
3.4.	0,216	h	Trabajo de ayudante aplicador de productos impermeabilizantes.	21,94	2,19
3.5.	0,316	h	Alquiler de plataforma elevadora de brazo articulado	15	4,74
3.6.	2	%	Costes directos complementarios	45,10	0,90
3.7.	3	%	Costes indirectos	46	1,38
Precio total redondeado por Ud				.....	34,74 €

Son treinta y cuatro euros y setenta y cuatro céntimos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.3.4. Impermeabilización de fachadas

Nº	Ud	Descripción	Total
4	m ²	Impermeabilización líquida de fachada, sobre superficie vertical de ladrillo cerámico y mortero. Realizada mediante la aplicación de dos capas del producto a base de resinas y siloxanos. Color blanco. Incluye limpieza y aplicación de puente de unión anterior a la aplicación del producto impermeabilizante.	

Nº	Cantidad	Ud	Descripción	Precio por unidad	Total
4.1.	1	Kg	Imprimación a base de resinas acrílicas	5,96	5,96
4.2.	1	Kg	Adhesivo de dos componentes a base de resina epoxi, sin disolventes, como puente de unión, según UNE-EN 1504-4.	15,62	15,62
4.3.	0,172	h	Trabajo de Oficial 1º aplicador de productos impermeabilizantes.	23,10	3,97
4.4.	0,172	h	Trabajo de ayudante aplicador de productos impermeabilizantes.	21,94	3,77
4.5.	0,344	h	Alquiler de plataforma elevadora de brazo articulado	15	5,16
4.6.	2	%	Costes directos complementarios	34,48	0,69
4.7.	3	%	Costes indirectos	35,17	1,06
Precio total redondeado por Ud				.....	36,23 €

Son treinta y seis euros y veintitrés céntimos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.3.5. Proceso de restauración

Nº	Ud	Descripción	Total
5	m ²	Restauración artística de pinturas al fresco, sobre muros de yeso, mortero o fábrica de ladrillos. Consistente en limpieza, preparación de soporte y pintura de zonas afectadas. Uso de pinturas y materiales especializados, para cada uno de los soportes.	

Nº	Cantidad	Ud	Descripción	Precio por unidad	Total
5.1.	3	Ud	Pinturas especializadas	31,76	95,28
5.2.	0,1	Ud	Material para realizar pintura	70	7
5.3.	80	h	Trabajo de Oficial 1º de restauración artística.	30	2400
5.4.	80	h	Trabajo de ayudante de restauración artística	25	2000
5.5.	40	h	Alquiler de andamio	2	80
5.6.	2	%	Costes directos complementarios	4582,28	91,65
5.7.	3	%	Costes indirectos	4673,93	140,22
Precio total redondeado por Ud				.....	4814,15€

Son cuatro mil ochocientos catorce euros y quince céntimos.

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.4. Presupuesto

Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Total
Ud	Deshumidificador portátil cuyo caudal de aire nominal es de 195 m ³ /h, con una potencia de deshumidificación de 16 litros al día (aire a 30°C, humedad relativa 80%), el rango de funcionamiento de humedad relativa desde 30 hasta 90%, y el de temperatura desde 5 hasta 32°C. La alimentación eléctrica será monofásica a 230 V y 50 Hz, consumo eléctrico 240 W. El nivel sonoro de este deshumidificador es de 30 dBA. Las dimensiones son de 34 x 24 x 57 cm y un peso 12 kg en vacío. Posee un tanque para recoger las condensaciones de 6,5 litros. El deshumidificador está compuesto por unidad frigorífica completa con compresor rotativo y refrigerante R-314a. Cuenta con un sistema de varios filtros, así como ventiladores incorporados para aumentar el flujo de aire tratado. Posee un sistema electrónico de control con conexión a internet y pantalla con leds indicadores de estado, contador de horas de funcionamiento, interruptor de encendido y apagado. Totalmente montado.	2	485,10	970,20
Ud	Proceso de inyección de emulsión a base de silanos, previa realización de perforaciones horizontales en las juntas, en muros de fábrica de ladrillo cerámico macizo, para tratamiento de humedades por capilaridad.	207	10,31	2134,17
m ²	Impermeabilización líquida de cubiertas, sobre superficie soporte	533,09	34,74	18519,55

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

	de tejas cerámicas. Formado por dos capas de revestimiento impermeabilizante, a base de resinas elastoméricas en emulsión acuosa, color rojo.			
m ²	Impermeabilización líquida de fachada, sobre superficie vertical de ladrillo cerámico y mortero. Realizada mediante la aplicación de dos capas del producto a base de resinas y siloxanos. Color blanco. Incluye limpieza y aplicación de puente de unión anterior a la aplicación del producto impermeabilizante.	850,15	36,23	30800,93
m ²	Restauración artística de pinturas al fresco, sobre muros de yeso, mortero o fábrica de ladrillos. Consistente en limpieza, preparación de soporte y pintura de zonas afectadas. Uso de pinturas y materiales especializados, para cada uno de los soportes.	8,7925	4814,15	42328,41
			Total (€):	94753,26

Tabla 22: Presupuesto

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE HUMEDADES EN LA "ERMITA DE LA VIRGEN DE LOS
REMEDIOS" (VÉLEZ-MÁLAGA).

19.5. Resumen de presupuesto

Unidad de obra	% sobre el PEM	Importe (€)
1. Deshumidificadores.	1,02%	970,20
2. Inyecciones contra la capilaridad.	2,25%	2134,17
3. Impermeabilización de cubierta.	19,55%	18519,55
4. Impermeabilización de fachadas.	32,51%	30800,93
5. Restauración artística.	44,67%	42328,41
Presupuesto de ejecución de obra		94753,26€
13% de gastos generales sobre el PEM		12317,92
6% de beneficio industrial sobre el PEM		5685,20
Suma		112756,38€
21% IVA		23678,84
Presupuesto de ejecución por contrata		136435,22€