



Proyecto de Final de Grado

**HUMEDADES EN LOS CENTROS
HISTÓRICOS DE PUERTOMINGALVO Y
VILLAHERMOSA DEL RÍO**

Grado en Arquitectura Técnica

Escuela Superior de Tecnologías y Ciencias Experimentales

Autor: Nicolás Porcar Quintela

Tutor: Juan Antonio García Esparza

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción

Octubre de 2019

ÍNDICE

Introducción	7
Objetivos y motivación del proyecto	9
Metodología de trabajo	11
Introducción a las humedades	15
Humedades en la edificación	17
Tipos de humedades	18
Humedad por capilaridad	18
Humedad por condensación	20
Humedad por filtración	24
Humedades en el Código Técnico de la Edificación	25
Introducción al Código Técnico de la Edificación	25
Documentos Básicos	26
Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)	27
Documento Básico de Salubridad (DB-HS)	30
Documento de Apoyo del DB-HE (DA DB-HE/2)	37
Métodos para el diagnóstico de humedades	40
Prediagnóstico	40
Comprobación de la prediagnos	42
Diagnos definitiva	42
Soluciones existentes para la intervención	45
Intervenciones contra la humedad por capilaridad	45
Tratamientos	47
Intervenciones contra la humedad por condensación	52
Intervenciones contra la condensación superficial	52
Intervenciones contra la condensación intersticial	54
Intervenciones contra la humedad por filtración	55
Pueblos de los “Camins del Penyagolosa”	57
Puertomingalvo	58
Historia	59
Núcleo urbano	60
Villahermosa del Río	61
Historia	63
Núcleo urbano	63
Casos particulares de estudio	65
Primer caso de intervención. Vivienda en la calle Alta (Puertomingalvo)	65

Descripción del estado actual	65
Propuesta de intervención	72
Presupuesto para la ejecución	74
Segundo caso de intervención. Vivienda en la calle Trinidad (Villahermosa del Río)	75
Descripción del estado actual	75
Propuesta de intervención	81
Presupuesto para la ejecución	84
Conclusiones	85
Bibliografía	87
Anexos	89
Fichas para la prediagnos y el análisis de las humedades	89
Presupuesto completo	93

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Plano de toma de datos de Puertomingalvo. (Fuente: Propia)	11
Figura 2. Viviendas con humedades detectadas en Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)	12
Figura 3. Toma de datos en Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)	13
Figura 4. Humedades por capilaridad en paramento exterior. (Fuente: Propia)	19
Figura 5. Humedades por capilaridad en fachada principal. (Fuente: Propia)	20
Figura 6. Gráfico de condensación a una temperatura interior de 20°C. (Fuente: Propia)	21
Figura 7. Gráfico de condensación en un muro ejemplo. (Fuente: Propia)	22
Figura 8. Humedad por condensación en la zona de las viguetas. (Fuente: www.prohucon.es)	23
Figura 9. Humedades por condensación en una bóveda. (Fuente: Altaba Tena, Pablo)	23
Figura 10. Humedad por filtración en fachada bajo cubierta. (Fuente: Propia)	24
Figura 11. Tabla 2.3 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	27
Figura 12. Tabla 2.4 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	28
Figura 13. Tabla 2.5 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	28
Figura 14. Apartado D.2.7 del apéndice D del CTE DB-HE, sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	29
Figura 15. Tabla 2.1 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	31
Figura 16. Tabla 2.2 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	31
Figura 17. Tabla 2.3 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	32
Figura 18. Tabla 2.4 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	32
Figura 19. Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	33
Figura 20. Tabla 2.6 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	34

Figura 21. Zonas eólicas. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	34
Figura 22. Tabla 2.5 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	35
Figura 23. Tabla 2.7 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)	35
Figura 24. Tabla 1 del Documento de Apoyo DA DB-HE/2.(Fuente: Código Técnico de la Edificación)	37
Figura 25. Reducción del nivel freático mediante una instalación de drenaje. (Fuente: Asignatura ED 0946)	47
Figura 26. Esquema del proceso de electro-ósmosis. (Fuente: Propia)	48
Figura 27. Inyección a presión en un muro. (Fuente: Castro Martínez, Raquel)	49
Figura 28. Barrera física con láminas impermeables. (Fuente: Munilla-Lería)	50
Figura 29. Ejemplo de una cámara de ventilación. (Fuente: Propia)	51
Figura 30. Sifones atmosféricos instalados en fachada. (Fuente: www.pinterest.es)	51
Figura 31. Esquema del proceso de electro-ósmosis. (Fuente: Propia)	52
Figura 32. Deshumidificador. (Fuente: es.trotec.com)	54
Figura 33. Instalación de impermeabilización en cubierta plana. (Fuente: www.cantitec.es)	56
Figura 34. Los “Camins del Penyagolosa”. Situación geográfica. (Fuente: Altaba Tena, Pablo)	57
Figura 35. Situación de Puertomingalvo y Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)	58
Figura 36. Núcleo urbano de la localidad de Puertomingalvo. (Fuente: Google, maps.google.es)	59
Figura 37. Humedades en el núcleo urbano de la localidad de Puertomingalvo. (Fuente: Propia)	59
Figura 38. Mapa geológico de la zona. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España, info.igme.es)	61
Figura 39. Localidad de Villahermosa del Río. (Fuente: Google, maps.google.es)	62
Figura 40. Humedades en el núcleo urbano de la localidad de Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)	62
Figura 41. Mapa geológico de la zona. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España, info.igme.es)	64
Figura 42. Situación de la vivienda del segundo caso de estudio. (Fuente: Propia)	65

Figura 43. Fachada principal. (Fuente: Propia)	66
Figura 44. Fachada lateral. (Fuente: Propia)	66
Figura 45. Alero de la vivienda objeto de estudio. (Fuente: Propia)	67
Figura 46. Croquis de la fachada principal. (Fuente: Propia)	67
Figura 47. Croquis de la fachada lateral. (Fuente: Propia)	68
Figura 48. Cámara termográfica. (Fuente: Propia)	68
Figura 49. Imagen de tomada por cámara termográfica. (Fuente: Propia)	69
Figura 50. Cálculos de la fachada lateral. (Fuente: Propia)	70
Figura 51. Bajante pluvial que desagua en la calle Valladar. (Fuente: Propia)	71
Figura 52. Imagen tomada con cámara termográfica del encuentro entre fachadas. (Fuente: Propia)	71
Figura 53. Imagen del encuentro entre fachadas sin escala de temperaturas. (Fuente: Propia)	72
Figura 54. Disposición de sifones atmosféricos. (Fuente: Propia)	73
Figura 55. Disposición de sifones atmosféricos. (Fuente: Propia)	73
Figura 56. Situación de la vivienda del primer caso de estudio. (Fuente: Propia)	75
Figura 57. Distribución de la vivienda. (Fuente: Propia)	76
Figura 58. Fachada principal. (Fuente: Propia)	76
Figura 59. Fachada posterior. (Fuente: Propia)	77
Figura 60. Alero de viguetas de madera continuas perpendiculares a la fachada. (Fuente: Propia)	78
Figura 61. Croquis del estado actual de la fachada principal. (Fuente: Propia)	78
Figura 62. Imagen tomada por cámara termográfica. (Fuente: Propia)	79
Figura 63. Humedad por capilaridad en fachada principal. (Fuente: Propia)	80
Figura 64. Diferencia entre un muro revestido con un mortero no poroso a otro con un mortero poroso. (Fuente: Castro Martínez, Raquel)	80
Figura 65. Disposición de los componentes de la nueva cubierta. (Fuente: <i>Arquitectura Tradicional. Tècniques Constructives</i> . 2016.)	83

Tabla 1. Causas genéricas de patologías. (Fuente: Manual de Patología de la Edificación	17
Tabla 2. Tipos de humedades y orígenes. (Fuente: García Morales, Soledad. 1993)	41
Tabla 3. Tipos de humedades y mecanismos. (Fuente: García Morales, Soledad. 1993)	41
Tabla 4. Humedad de capilaridad ascendente pura (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)	89
Tabla 5. Humedad capilar freática (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)	90
Tabla 6. Humedades por filtración del agua de lluvia (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)	91
Tabla 7. Humedades de condensación (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993).	92

1. Introducción

Las localidades de Puertomingalvo (Teruel) y Villahermosa del Río (Castellón), están ligadas culturalmente, y también por su arquitectura. Pese a encontrarse en provincias diferentes, la distancia que los separa es escasa, por lo que los sistemas de construcción y los materiales empleados en su arquitectura rural son similares.

Ambos municipios están relacionados con el monte Penyagolosa, lugar donde encontramos un santuario dedicado a San Juan Bautista. Este recibe peregrinaciones desde la reconquista cristiana (s. XIV) desde varias localidades, entre las que se encuentran Puertomingalvo y Villahermosa del Río.

Tanto estas localidades como el resto de la superficie que abarca el Penyagolosa, y sus caminos, han sufrido cambios a lo largo de la historia. Desde el periodo árabe, antes del siglo XIII, de cuando no se conservan restos materiales pero sí métodos de cultivo o riego, hasta el periodo de éxodo (s. XX). En esta etapa, a principios del siglo XX se alcanzó la máxima población de la zona.

Sin embargo fue desde este momento de máxima población cuando empezó la emigración a grandes núcleos en busca de mejores perspectivas económicas, con mayor intensidad en las décadas de los 40 y los 70.

Desde entonces, pese al auge actual de los valores sociales y el turismo rural, y que las localidades siempre han tenido actividad socioeconómica, muchas de las viviendas o edificaciones en los núcleos urbanos de los municipios están actualmente en mal estado de conservación.

Durante los dos últimos cursos del Grado en Arquitectura Técnica he tenido la oportunidad de formar parte de la *“Cátedra Diputación de Centros Históricos e Itinerarios Culturales de Castellón”*, gracias a la concesión de varias becas de iniciación a la investigación en el proyecto *“Artesanías y Artesanos. Evaluación de pequeños municipios para desarrollar un plan de acción territorial para la gestión del patrimonio cultural del entorno del monte Penyagolosa, Castellón”*.

A lo largo de estos años, he trabajado con mis compañeros en el grupo de investigación, en la toma de datos y maquetación de información relacionada con los “Camins del Penyagolosa” y sus municipios, y se ha podido observar el estado de sus centros históricos y de sus viviendas.

Las patologías más observadas durante la toma de datos han sido las relacionadas con las humedades. Desde las humedades por filtraciones o condensación provocadas por el mal estado de conservación de los edificios y sus materiales,

hasta las humedades por capilaridad ascendente provocadas en gran medida por las nuevas pavimentaciones presentes en las calles de los municipios.

En el presente proyecto se trata de dar posibles soluciones constructivas a las patologías generadas por dichas humedades, buscando su adecuación al Código Técnico de la Edificación, marco de normativas actuales que regula la construcción desde 2006.

Para ello se estudiará la normativa actual y se identificarán dos casos particulares de estudio, que recogen la tipología constructiva de la zona, con el objetivo de poder extrapolar los resultados de su viabilidad al resto de viviendas que presentan las mismas características y patologías.

2. Objetivos y motivación del proyecto

Mi motivación para realizar el Proyecto de Final de Grado sobre los centros históricos de Puertomingalvo y Villahermosa del Río se basa en el interés por profundizar más en el estudio de los centros históricos relacionados con los “Camins del Penyagolosa”.

Concretamente en las patologías generadas por las humedades en las edificaciones presentes en dichos centros históricos, ya que tras el estudio de los municipios y la toma de datos llevada a cabo durante la duración de las becas de iniciación a la investigación, se ha podido observar el gran número de viviendas que presentan patologías de diferente índole relacionadas con las humedades.

La elección de los municipios de Puertomingalvo y Villahermosa del Río sobre el resto de los ocho municipios con relación al monte Penyagolosa, es debida a mi relación personal con ellos, además de a su riqueza en arquitectura tradicional.

El objetivo general es el de, mediante la representación de dos casos particulares de edificaciones con diferentes patologías relacionadas con las humedades, servir de base y guía para posibles futuras intervenciones en viviendas que presenten problemas por humedades.

Para ello, son varios los objetivos que con el presente trabajo se pretenden alcanzar. Estos objetivos son los siguientes:

- 1) Estudiar las humedades en la edificación. Distinción de las diferentes tipologías.
- 2) Estudiar las soluciones e intervenciones existentes para las humedades en la edificación.
- 3) Analizar las exigencias actuales del Código Técnico de la Edificación (CTE) respecto a las humedades en la edificación.
- 4) Analizar el estado actual de las viviendas en los centros históricos de Villahermosa del Río y Puertomingalvo.
- 5) Proponer posibles soluciones constructivas para la reparación de las humedades.
- 6) Adaptar al Código Técnico de la Edificación (CTE) las envolventes de los edificios estudiados.
- 7) Exponer detalles constructivos del estado actual y de las posibles soluciones.
- 8) Estudiar la viabilidad económica de las soluciones propuestas.

3. Metodología de trabajo

Este proyecto es el desarrollo de un estudio paralelo al proyecto principal actual del grupo de investigación en la Universitat Jaume I y de la “*Cátedra Diputación de Centros Históricos e itinerarios Culturales de Castellón*”. Dicho proyecto es la elaboración de un manual de catalogación y descripción de los diferentes elementos constructivos que se encuentran en los municipios relacionados con los “Camins de Penyagolosa”.

Es por esto que los trabajos desarrollados tienen relación con la elaboración de las tareas realizadas para la redacción tanto del manual mencionado anteriormente como de este mismo proyecto.

Para llevar a cabo la redacción del presente documento, se ha seguido un proceso de trabajo y estudio a lo largo de aproximadamente dos años. Desde el estudio previo hasta este escrito se han llevado a cabo las tareas desarrolladas a continuación

1) Toma de datos

En primer lugar se ha tratado de conocer la arquitectura tradicional de la provincia de Castellón, en concreto de las localidades que tienen relación con el monte Penyagolosa por sus caminos de peregrinación. Para comenzar con la toma de datos se elaboraron los planos de los centros históricos en base a la información catastral.

El trabajo de campo se dividió en 20 salidas a los diferentes municipios. Las tareas constaban en la toma de datos gráfica, fotografiando todas las viviendas de los núcleos urbanos de las localidades castellonenses de Atzenteta del Maestrat, Castillo de Villamalefa, Culla, les Useres, Lluçena, Ludiente, Villahermosa del Río, Vistabella del Maestrat y Xodos, y la localidad turolense de Puertomingalvo.



Figura 1. Plano de toma de datos de Puertomingalvo. (Fuente: Propia)

Dicha toma de datos gráfica incluía las calles de los municipios, sus viviendas y los elementos constructivos presentes en la envolvente de estos edificios.

Del mismo modo, paralelamente a esto, se realizó un trabajo de toma de datos en los planos de la anotación de los elementos constructivos que cada una de las viviendas poseía y que anteriormente habían sido fotografiados. Para ello se procedió a redactar una leyenda que recogía los diferentes elementos (aleros, carpinterías, rejerías y vanos) que se podían observar desde el exterior.

Un elemento catalogado fundamental para el desarrollo de este proyecto fue el de las humedades.

2) Catalogación y tratado de la información

Tras la toma de datos realizada, estábamos en la posesión de todas las fotografías y de la información recogida. Se procedió a ordenar las fotografías por edificaciones y a anotar los elementos y las humedades que cada una de estas presentaba.

Tras esta catalogación, entre otras conclusiones, se pudo observar el gran número de edificios que presentaban patologías generadas por humedades en los centros históricos de los municipios. Desde esta catalogación se inició el proceso de desarrollo del proyecto actual.



Figura 2. Viviendas con humedades detectadas en Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)

3) Toma de información específica

Tras la elección de Puertomingalvo y Villahermosa del Río como los municipios a tratar, se procedió a recoger información de varias viviendas de cada una de las localidades.



Figura 3. Toma de datos en Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)

Una vez recogidos los datos de estas, se seleccionaron las viviendas a estudiar en el proyecto en función de su relevancia local y la representación de diferentes patologías en relación a las humedades, que podemos encontrar en otras viviendas de los municipios.

4) Redacción y finalización del estudio

En último lugar se encuentra el presente escrito, donde se recoge el estudio realizado acerca de las patologías encontradas, y la redacción de la relación entre la normativa de edificación actual y las humedades en los edificios. Del mismo modo que, para finalizar, se redactan posibles soluciones constructivas a adoptar para la mejora de las edificaciones con patologías provocadas por humedades.

4. Introducción a las humedades

Según el Diccionario de la Real Academia Española (versión 2018), el término “humedad” tiene la siguiente definición:

Humedad:

1. f. Cualidad de húmedo.
2. f. Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.
3. f. Mancha producida en la pared por impregnación de agua.

La humedad, como su propia definición indica, es una cualidad de húmedo, es decir, estar impregnado de agua o cualquier otro líquido. El agua (H₂O) está compuesta por dos elementos diferentes, el hidrógeno y el oxígeno, dos de los elementos que están más presentes en la superficie terrestre. De la misma forma, el agua, constituida por estos dos elementos, es el componente más abundante en la Tierra, además de ser el mayoritario en todos los seres vivos.¹

Podemos encontrar en la naturaleza al agua en estado sólido, líquido y gaseoso, y puede cambiar dicha naturaleza dependiendo de las condiciones de temperatura y presión a las que se encuentra sometida. Este cambio de estado hace que su volumen y densidad de la misma forma varíe, y la convierte así en un elemento que puede penetrar fácilmente en otros materiales y que tiene un poder disolvente alto.

Las moléculas de agua son atraídas por muchos materiales, tanto en estado de vapor como de líquido. En los materiales porosos existen unos pequeños “tubos” denominados capilares, por donde el agua es aspirada por la llamada succión capilar. A menor diámetro de los capilares mayor es la succión.

En un material de construcción, como podría ser una piedra caliza que conforma un muro de mampostería, la existencia de capilares interconectados explica cómo el agua se desplaza en esta. Materiales como los aceites, la silicona y algunos plásticos rechazan el agua. Esta repulsión hace que el agua forme gotas como se podrían apreciar en un paramento revestido con una pintura plástica cuando se precipita agua sobre él.

¹Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española (RAE), versión 2018.

5. Humedades en la edificación

La humedad en la edificación se podría definir como la manifestación del agua que ha penetrado en el interior de los elementos constructivos que componen dicha edificación, o que vaporizada se mezcla con el aire.

Las causas generales de las patologías en edificios se pueden dividir de la siguiente forma:

CAUSA GENÉRICA	CAUSAS ESPECÍFICAS	
	ORIGEN	MANIFESTACIÓN
PRESENCIA DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> - Proveniente del exterior: <ul style="list-style-type: none"> - Lluvia, nieve, etc. - Terreno - Proveniente de instalaciones - Proveniente del proceso constructivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Condensaciones - Capilaridad - Filtraciones - Derramamientos
MOVIMIENTOS DE LOS MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Movimientos del terreno o variaciones de sus características - Variaciones de las cargas estructurales - Variaciones exteriores o dentro del edificio - Variaciones dimensionales de los materiales por diversas causas: <ul style="list-style-type: none"> - Diferencias térmicas - Diferencias higrotérmicas - Procesos físicos de deformaciones y flexiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas y fisuras de diferentes tipologías
PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Radiaciones solares - Procesos químicos de carbonatación y/o sulfatación - Procesos químicos por procesos de humedades - Presencia de sales en materiales - Procesos biológicos por presencia de xilófagos, hongos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Decoloraciones o descomposición de materiales de revestimiento - Corrosión de armaduras y degradación del hormigón - Oxidaciones, descomposición de materiales - Exfoliaciones y degradaciones de materiales - Pudriciones de elementos leñosos

Tabla 1. Causas genéricas de patologías. (Fuente: Manual de Patología de la Edificación)

Como hemos podido observar, la humedad, en todas sus tipologías, es una de las patologías presentes en los edificios en edificios o construcciones existentes. Además de la manifestación de las humedades, estas son posibles causas de algunos de los daños físicos y químicos que se manifiestan como decoloraciones o descomposiciones de materiales o así como también corrosión o oxidación de estos.

La humedad es generada por el agua, presente tanto en el suelo y subsuelo como en la atmósfera. El agua, fuente de vida para todos los seres vivos, deja de ejercer su acción beneficiosa y se convierte en un agente agresor cuando topa con los elementos constructivos de una edificación.

La presencia de humedad, debido al aumento de la dispersión térmica y la degradación de los materiales y acabados superficiales, puede comportar un grave deterioro estructural e incluso ser perjudicial para la salud de las personas debido al posible desarrollo de microorganismos.

5.1. Tipos de humedades

Los tipos de humedades más usuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Por capilaridad o ascendente.
- Por condensación.
- Por filtración o descendente.
- De construcción.

Pese a diferenciar entre los tipos comunes de humedades en la edificación, trataremos durante el resto del trabajo sólo los tres primeros tipos: por capilaridad, por condensación y por filtración.

5.1.1. Humedad por capilaridad

Se define como la humedad ascendente o por capilaridad aquella que, proveniente del subsuelo, a través de los poros de los materiales de la cimentación y de los muros que poseen capilares, asciende hasta alcanzar un equilibrio mediante su evaporación en las paredes. Se manifiesta con manchas características y eflorescencias al evaporarse el agua y cristalizar las sales en la superficie de los muros.



Figura 4. Humedades por capilaridad en paramento exterior. (Fuente: Propia)

Las causas más comunes de la existencia de agua en el terreno suelen ser:

- Nivel freático a una cota elevada.
- Bolsas de agua congeladas.
- Corrientes de agua subterránea.
- Rotura en las redes de agua o saneamiento.
- Zonas ajardinadas o terrazas muy próximas.

Suelen aparecer bandas oscuras húmedas en la zona inferior de los muros. La altura de dichas franjas depende de los factores siguientes:

- De la capacidad evaporadora del muro.
- De la porosidad y tamaño de los poros de los materiales utilizados.
- De la temperatura del muro.
- De la orientación del muro.
- Del material empleado para la confección del mortero.

La pavimentación de los suelos y calles a lo largo de los años impide la evaporación del agua presente en las tierras y terrenos. Esta agua busca como punto de evaporación los muros de tapia o de fábrica más próximos, aumentando en ellos las humedades de capilaridad, especialmente en aquellos ejecutados con morteros bastardos que son más absorbentes.



Figura 5. Humedades por capilaridad en fachada principal. (Fuente: Propia)

5.1.2. Humedad por condensación

La humedad de condensación es más usual en zonas frías y poco ventiladas. Provoca manchas de color pardo oscuro que habitualmente suele pasar a negro con la formación de hongos y un característico olor a podrido.

La condensación es la transformación de una parte del vapor de agua que contiene el aire saturado que se convierte en líquido.

El moho se reproduce con gran rapidez en dichas zonas formando colonias.

Las humedades de condensación más usuales aparecen en los siguientes lugares de una edificación:

- Sótanos poco ventilados.
- Cámaras de forjados sanitarios con ventilación insuficiente.
- Plantas bajas con solera sobre terreno muy húmedo.
- Plantas de ático.
- Casetones de escaleras.
- Cuartos de baño con escasa ventilación.
- Cocinas poco ventiladas, dado que la producción de vapor de agua es elevada.

Cuando en el interior de una habitación se produce una concentración de vapor que no puede disiparse como en cocinas o cuartos de baño, se suelen originar humedades de condensación. El aire saturado de agua al entrar en contacto con superficies frías, si alcanza el punto de rocío, se condensa y surge la humedad.

Como ya es sabido, a medida que la temperatura aumenta, el aire admite más cantidad de agua en suspensión.

Habitualmente las humedades por condensación aparecen en lugares en los que los cerramientos están mal aislados térmicamente, por lo que se encuentran fríos. Al entrar en contacto con ellos el vapor de agua de la habitación se enfría. Si el paño interior de los cerramientos está enfoscado con cemento, que absorbe menos la humedad, o aplacado, el vapor se condensa transformándose en líquido. Si está enfoscado con yeso sin proteger, surgirán manchas de humedad.

Cuando la humedad relativa y la temperatura están por debajo del punto de rocío, el vapor de agua inicia la condensación.

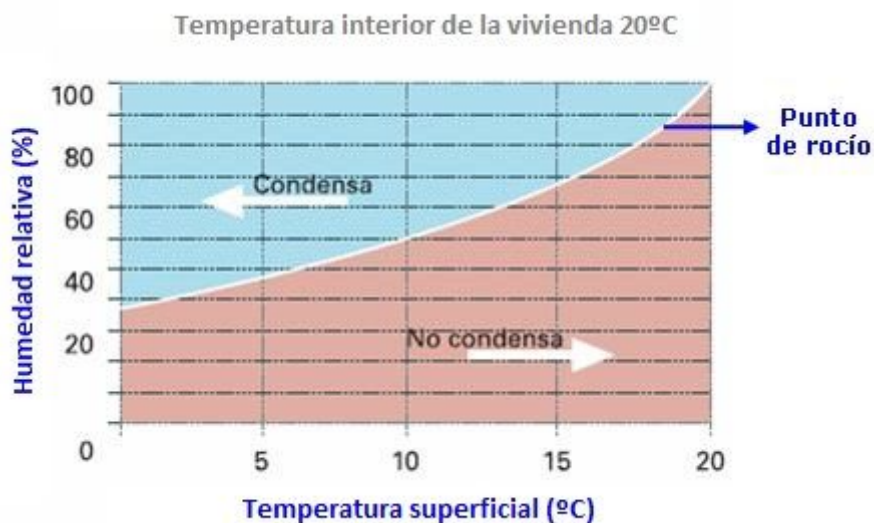


Figura 6. Gráfico de condensación a una temperatura interior de 20°C. (Fuente: Propia)

Esta humedad que condensa, se convierte en líquido superficial y alcanza mayor o menor profundidad dependiendo de la porosidad del elemento tratado y de la protección que se le aplique.

En una edificación, la humedad por condensación no solo puede ser superficial, si no que existe la posibilidad de encontrarnos con humedades por condensación intersticial. La condensación intersticial se refiere a la condensación del vapor de agua dentro del elemento constructivo, entre unas de sus capas que lo conforman.

Esta condensación surge cuando el valor de la presión de vapor supera a la presión de saturación de un elemento.

A continuación podemos observar el ejemplo de un muro de una vivienda cualquiera. Está constituido por un ladrillo caravista, aislamiento térmico y un trasdosado interior de ladrillo hueco enlucido con yeso. La temperatura exterior es de 5 °C y la interior de 20 °C.

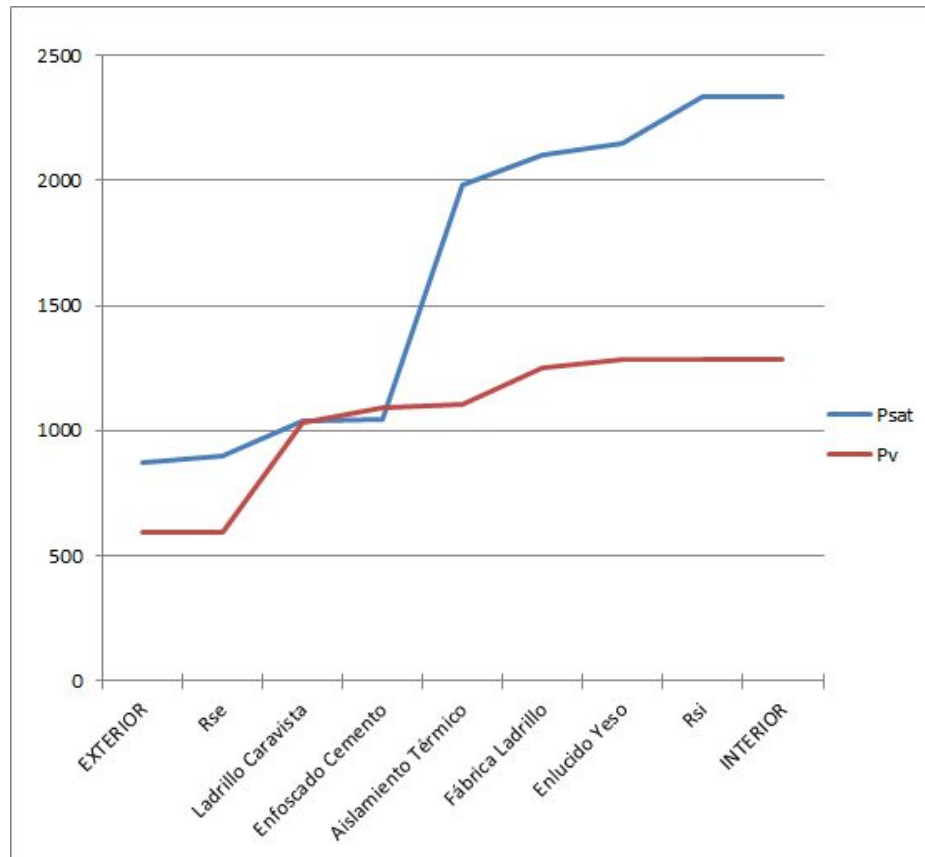


Figura 7. Gráfico de condensación en un muro ejemplo. (Fuente: Propia)

En el gráfico mostrado podemos observar que la presión de vapor (P_v) es mayor a la presión de saturación (P_{sat}) en la capa de enfoscado de cemento por lo que se genera una condensación intersticial en el muro ejemplo. Esta condensación entre la capa de enfoscado de cemento y el aislante térmico, que convierte el vapor de agua en agua líquida, provoca que el aislante pueda mojarse y perder así sus propiedades térmicas.



Figura 8. Humedad por condensación en la zona de las viguetas. (Fuente: Prohucon)



Figura 9. Humedades por condensación en una bóveda. (Fuente: Altaba Tena, Pablo)

Las imágenes mostradas son ejemplos de humedades por condensación. Se trata de encuentros entre elementos en los que parece haber falta de aislamiento térmico, por lo que se genera una zona fría donde la humedad interior condensa al entrar en contacto con dicha superficie. Es por este motivo que se crean las manchas de moho tan peculiares..

5.1.3. Humedad por filtración

Las humedades por filtración se producen por la infiltración de agua en el interior de las edificaciones proveniente del agua de lluvia. Suele ser debida a una ejecución defectuosa o al deterioro de los materiales empleados. Aparecen de forma generalizada o puntual, en las caras interiores y exteriores de los cerramientos.

Las causas que provocan las humedades por filtración son de tipo directo e indirecto. Estas primeras son la penetración del agua de lluvia a través de los elementos de la envolvente del edificio debido a patologías en este mismo. En cuanto a las indirectas son generadas por fallos en elementos de instalaciones en el edificio, como es la degradación de la red de suministro de agua potable o la red de saneamiento.

Se debe prestar especial atención a las cubiertas muy inclinadas, ya que debido al deterioro del mortero de agarre, se deslizan las tejas por falta de adherencia y caen al exterior o se desplazan, implicando un peligro para los transeúntes y, al mismo tiempo, abriendo entradas para el agua.



Figura 10. Humedad por filtración en fachada bajo cubierta. (Fuente: Propia)

En las cubiertas de tejas sobre cerchas de madera, al flectar los tirantes y las correas, provocan movimientos en las tejas, incluso llegando a su rotura, facilitando así el paso del agua de lluvia.

Los solapes inadecuados o insuficientes de las tejas también pueden facilitar la entrada de agua, por lo que se deben seguir las recomendaciones de los

fabricantes, también indicadas en el CTE. Del mismo modo las tejas defectuosas o que tienen una mala cocción, son más vulnerables en ambiente salino, pudiendo ocasionar futuras entradas del agua de lluvia.

Las cubiertas planas con forjados donde se colocan láminas impermeabilizantes, si no quedan bien protegidas de los cambios de temperatura, le ocasionan un envejecimiento prematuro, reduciendo su elasticidad y haciéndolas más frágiles, lo que obliga a reparaciones periódicas para evitar el paso del agua.

El resultado del empleo inadecuado de materiales elásticos para resolver sellados de encuentros deficientes, suele ser una entrada segura de agua cuando se emplean materiales con un rápido envejecimiento y no se realiza un mantenimiento para sustituirlos.

Cuando se trata de una cubierta ajardinada, ejecutar una cámara de aire ventilada puede ser la solución más segura. Con ello se puede reducir el grado de humedad y evitar posibles problemas con las raíces. Debiendo cumplir con las exigencias del Código Técnico de la Edificación, las cámaras de aire en las cubiertas siempre son una buena opción.

5.2. Humedades en el Código Técnico de la Edificación

5.2.1. Introducción al Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación (CTE) regula la construcción en España desde 2006. Es un marco de normativas en el cual existen las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Antes de la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) eran de obligado cumplimiento las reglas reflejadas en las Normas Básicas de la Edificación (NBE), aprobadas en el año 1977. A estas normas se le añadieron las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), las cuales sólo eran de carácter preceptivo, es decir, establecía procedimientos aceptados o las guías técnicas que debían seguirse a la hora de construir un edificio.

Dichas reglas de carácter preceptivo sólo orientaban hacia la buena ejecución de una obra, pero no establecían reglas a cumplir con carácter normativo.

En el año 1999 se publica la Ley de Ordenación de la Edificación, propuesta para regular el sector de la edificación en España. Una de las materias a tratar fue la

redacción de unas reglas para ordenar las exigencias que deben cumplir las viviendas en relación a requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

Fue en el año 2006 en el que se aprobó el CTE, y desde la fecha sólo han sido publicadas diferentes actualizaciones.²

5.2.2. Documentos Básicos

Las exigencias para evitar la aparición de humedades o para la solución de humedades presentes en edificios existentes son tratadas en los siguientes Documentos Básicos:

- Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)
- Documento Básico de Salubridad (DB-HS)
- Documento de Apoyo del DB-HE (DA DB-HE/2)

En el Código Técnico de la Edificación se refiere a exigencias de transmitancia para fachadas, particiones, cubiertas, forjados y huecos, teniendo en cuenta tanto el vidrio como el marco que los componen.

Los Documentos Básicos mencionados anteriormente tienen los siguientes objetos o exigencias básicas:

1) Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)

Es en el apartado HE 1 donde se trata la limitación de la demanda energética. La exigencia básica de este capítulo es disponer las limitaciones de la envolvente térmica del edificio para disponer de un bienestar térmico dentro la edificación. Para alcanzar este bienestar, tiene en cuenta el clima de la localidad, el uso del edificio y el régimen de verano y de invierno. De la misma forma también se tienen en cuenta características de los materiales como el aislamiento o inercia, la permeabilidad al aire o la radiación solar a la que están expuestos.

Todo esto para reducir el riesgo de aparición de humedades de condensación, tanto superficiales como intersticiales, que pueden perjudicar a las características de los materiales que componen los elementos constructivos. Además de tratar adecuadamente los posibles puentes térmicos y limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos de los mismos.

²Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Fomento, Gobierno de España)

2) Documento Básico de Salubridad (DB-HS)

Por lo que se refiere al DB-HS, las humedades son referidas al principio del documento en el capítulo HS 1, que trata sobre la protección frente a la humedad. Limita el riesgo de entrada o presencia inadecuada de agua o humedad en el interior o en los cerramientos de las edificaciones. Trata la protección frente a agua procedente de precipitaciones, escorrentías, del terreno o de las condensaciones, mediante medios que impidan su penetración o, en su caso, la evacuación de las aguas sin producir daños.

3) Documento de Apoyo del DB-HE (DA DB-HE/2)

Respecto a este documento, trata de describir algunos procedimientos para comprobar la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en espacios habitables establecidas en los Documentos Básicos DB-HE y DB-HS del Código Técnico de la Edificación.

5.2.2.1. Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)

Tal y como anteriormente se ha mencionado, el DB-HE persigue la limitación de la demanda energética de una edificación. Para ello, en la sección HE 1 trata de establecer unos valores límite de transmitancias para los elementos constructivos que crean la envolvente térmica de los edificios e incluso la permeabilidad al aire de los huecos.

Estas exigencias para la demanda energética de los edificios se basa en la localización y el uso previsto para el edificio.

Por lo que refiere a los elementos constructivos, el CTE en la tabla 2.3 del capítulo 2.2.1.2 establece las transmitancias y permeabilidad al aire de los huecos y las transmitancias de muros, cubiertas y suelos en contacto con el terreno o con el aire, que conformen la envolvente térmica.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Figura 11. Tabla 2.3 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Como podemos ver, los valores de las transmitancias y la permeabilidad al aire son más exigentes cuando la zona climática de invierno en la que se encuentra la edificación es más fría. Las zonas climáticas se pueden consultar en el Apéndice B del apartado HE 1, dentro del mismo Documento Básico o en documentos reconocidos elaborados por las Comunidades Autónomas.

Dentro de la tabla podemos encontrar diferenciadas todas las provincias del territorio español. Se refiere a una zona climática para la capital y muestra las diferentes zonas climáticas dentro de la misma provincia dependiendo de la altura a la que se encuentra la edificación sobre el nivel del mar.

De la misma forma, existen exigencias para las particiones interiores, tanto cuando limitan con zonas de diferente uso (figura 12) como para las particiones que limitan con unidades del mismo uso (figura 13)

Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en $W/m^2 \cdot K$

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
<i>Particiones horizontales y verticales</i>	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Figura 12. Tabla 2.4 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en $W/m^2 \cdot K$

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
<i>Particiones horizontales</i>	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
<i>Particiones verticales</i>	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Figura 13. Tabla 2.5 del CTE DB-HE, capítulo 2.2.1.2 de la sección HE 1. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Además, en el apéndice D de este mismo documento básico, establece las características para poder definir el edificio de referencia, que tendrá la misma orientación, forma, tamaño y uso que el edificio objeto. Los valores recogidos en este apartado no tienen carácter obligatorio estricto, pero sirven para poder generar un edificio de referencia con el que poder comparar el edificio objeto. Así podremos comprobar el cumplimiento de las exigencias de limitación de demanda energética conjunta del edificio, teniendo en cuenta los valores expresados en este apéndice.

D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{Mlim}}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{Slim}}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{Clim}}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{\text{Lim}}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{\text{Hlim}} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado			límite de huecos F_{Hlim}		
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Figura 14. Apartado D.2.7 del apéndice D del CTE DB-HE, sección HE 1.(Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Como ejemplo, podemos observar en la figura 14 los datos reflejados para la zona climática B3. Las transmitancias límite hacen referencia a un elemento constructivo aislado, mientras que las transmitancias máximas de la figura 14 se refieren al conjunto del edificio, es por eso que son las que tienen un carácter obligatorio. Mientras que los valores de estas tablas ayudarán a cumplir con las exigencias del edificio en conjunto, pero no tienen carácter obligatorio estricto.

Para realizar el cálculo de la demanda, el DB-HE establece un procedimiento. Este permite el cálculo considerando los aspectos de diseño, emplazamiento y orientación del edificio. así como ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar elementos transparentes o semitransparentes, etc. Todo esto se puede considerar de forma detallada o simplificada. Además, para los procedimientos de cálculo se pueden emplear simulaciones mediante modelos térmicos del edificio o métodos simplificados equivalentes.

Tras esta serie de procedimientos para el cálculo de la demanda energética, se puede encontrar en los apartados siguientes normas para el cumplimiento de características de los materiales de construcción y sistemas técnicos, además de condiciones para la construcción.

Para justificar el cumplimiento de las exigencias que se establecen esta sección del DB-HE, los documentos de proyecto deben incluir la siguiente información:

- Definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio.
- Descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio: orientación, definición de la envolvente térmica, distribución y uso de los espacios de la edificación.

- Procedimiento de cálculo de la demanda energética empleado y valores de la demanda energética exigida.

Además, se debe incluir en proyecto la justificación del cumplimiento de la exigencia básica de limitación de condensaciones intersticiales.³

Por lo que nos será de incumbencia en los próximos apartados del proyecto, el Documento Básico también establece la limitación de la demanda energética para cuando se trata de intervenciones en edificios existentes.

Para ello distingue entre tres diferentes situaciones, en cada una de las cuales la intervención es diferente, por lo que las exigencias varían. Estas limitaciones son:

- Cuando en la intervención se realizan cambios en algún elemento de la envolvente térmica y se modifican sus condiciones interiores o exteriores, que afectan a la demanda energética requerida. Las características de estos elementos se adecuarán a las exigencias del DB-HE.
- En las obras en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio y en las destinadas a un cambio de uso del mismo, la demanda se limitará de manera que esta sea inferior a la del edificio de referencia.
- En el resto de casos no considerados, los elementos sustituidos, incorporados o modificados sustancialmente, deberán cumplir las limitaciones ya establecidas en el documento. Si se interviene en varios elementos de la envolvente térmica, se podrán superar los valores de transmitancia térmica reflejados en la tabla 2.3 (por algunos elementos) siempre que el resultado total sea igual o inferior al obtenido aplicando los valores de la tabla a cada uno de los elementos afectados.

5.2.2.2. Documento Básico de Salubridad (DB-HS)

Respecto al Documento Básico de Salubridad, tendremos en consideración la sección HS 1, que define las exigencias para la protección frente a la humedad. Esta sección se aplica a muros y suelos en contacto con el terreno y a los cerramientos en contacto con el exterior, es decir, fachadas y cubiertas.

Es por este motivo que se dividirá la sección en limitar las exigencias de cada uno de estos elementos por separado.

El procedimiento general de verificación del cumplimiento de las exigencias tratadas en esta sección HS 1 será el de cumplir con las características especificadas según el grado de impermeabilidad exigido.

³ Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE DB-HE)

1) Muros

El grado de impermeabilidad mínimo exigido para los muros en contacto con el terreno, será en función de la presencia de agua (considerada según lo redactado en el apartado 2.1.1 de la sección HS 1) y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

Figura 15. Tabla 2.1 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

En función del grado de impermeabilidad obtenido, del tipo de muro y del tipo de impermeabilización, se reflejan una serie de condiciones para las soluciones constructivas expresadas en la tabla 2.2 de la misma sección del CTE.

Tabla 2.2 Condiciones de las soluciones de muro

Grado de impermeabilidad	Muro de gravedad			Muro flexorresistente			Muro pantalla		
	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco
	≤1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5
≤2	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤3	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 ⁽²⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 ⁽¹⁾		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

⁽¹⁾ Solución no aceptable para más de un sótano.

⁽²⁾ Solución no aceptable para más de dos sótanos.

⁽³⁾ Solución no aceptable para más de tres sótanos.

Figura 16. Tabla 2.2 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Cada una de las condiciones reflejadas son explicadas en el apartado 2.2 de la sección HS 1. Las letras hacen referencia al tipo de solución.

A parte de las condiciones generales, existen condiciones particulares para los puntos singulares en los muros, los cuales pueden ser: encuentros entre muro y fachada, pasos de conductos o juntas, entre otros.

2) Suelos

Para los suelos en contacto con el terreno el grado de impermeabilidad se establece también en relación a la presencia de agua y al coeficiente de permeabilidad del terreno.

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Figura 17. Tabla 2.3 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Y, de la misma forma que para los muros, se refiere a las condiciones de las soluciones constructivas para los suelos, en función del tipo de muro, del tipo de suelo, de la intervención realizada en el terreno y del grado de impermeabilidad obtenido de la anterior tabla.

Tabla 2.4 Condiciones de las soluciones de suelo

		Muro flexorresistente o de gravedad								
		Suelo elevado			Solera			Placa		
		Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención
Grado de impermeabilidad	≤1			V1		D1	C2+C3+D1		D1	C2+C3+D1
	≤2	C2		V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	≤3	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D3+D4	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+I2+D1+D2+S1+S2+S3
	≤4	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D4		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3
	≤5	I2+S1+S3+V1+D3	I2+P1+S1+S3+V1+D3		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3		C2+C3+D1+D2+I2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3

	Muro pantalla									
	Suelo elevado			Solera			Placa			
	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	
Grado de impermeabilidad	V1		V1		D1	C2+C3+D1			C2+C3+D1	
	V2		V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	
	V3	S3+V1	S3+V1	S3+V1	C1+C2+C3 +D1+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +D1+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +D1+D4+P2 +S2+S3	C1+C2+C3 +D1+D2+D 4+P2+S2+S 3	C1+C2+C3 +D1+D2+P2 +S2+S3	C1+C2+C3 +D1+D2+D 3+D4+P2+S 2+S3
	V4	S3+V1	D4+S3+V1	D3+D4+S3+ V1	C2+C3+D1 +S2+S3	C2+C3+D1 +S2+S3	C1+C3+I1+ D2+D3+P1+ S2+S3	C2+C3+S2+ S3	C2+C3+D1 +D2+S2+S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +S2+S3
	V5	S3+V1	D3+D4+S3+ V1		C2+C3+D1 +P2+S2+S3	C2+C3+D1 +P2+S2+S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +P2+S2+S3	C2+C3+P2+ S2+S3	C2+C3+D1 +D2+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +P2+S2+S3

Figura 18. Tabla 2.4 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Tras las condiciones para los suelos establece también condiciones para los puntos singulares, que son en este caso el encuentro entre el suelo y los muros y el encuentro entre el suelo y las particiones interiores.

3) Fachadas

Respecto a las fachadas, el grado de impermeabilidad mínimo exigido se obtiene en función de la zona pluviométrica y del grado de exposición al viento que corresponden al lugar de ubicación del edificio.

La zona pluviométrica se obtiene a partir de la siguiente figura:

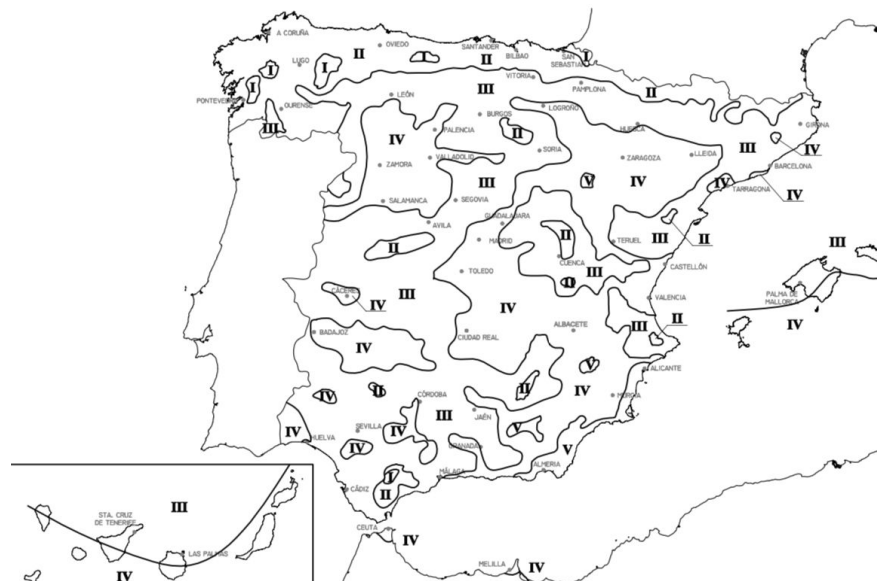


Figura 19. Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

El grado de exposición al viento se obtiene de la tabla 2.6 de la sección HS 1. Este grado se obtiene en función de la altura de coronación del edificio sobre el terreno, de la zona eólica correspondiente al lugar donde se encuentra el edificio, obtenida de la figura 21, y de la clase de entorno en la que se encuentra la edificación. Esta clase de entorno puede ser E0 o E1, siendo E0 el entorno más exigente de ambos.

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 – 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

Figura 20. Tabla 2.6 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)



Figura 21. Zonas eólicas. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Obteniendo tanto el grado de exposición al viento como la zona pluviométrica de promedios mediante la ayuda de las figuras anteriores, podemos saber el grado de impermeabilidad mínimo exigido para las fachadas.

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Figura 22. Tabla 2.5 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Tras conocer el grado de impermeabilidad exigido, podemos conocer las condiciones exigidas a las soluciones constructivas en función de la existencia o no de revestimiento exterior.

Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior				Sin revestimiento exterior			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾				C1 ⁽¹⁾ +J1+N1			
	≤2								
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2			B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾		B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1			

d. ⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Figura 23. Tabla 2.7 de la sección HS 1 del CTE DB-HS. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

De la misma forma que en los muros y suelos en contacto con el terreno, obtenemos las condiciones relacionadas a códigos descritos posteriormente en la misma sección.

También se refiere a las condiciones de los puntos singulares como las juntas de dilatación, encuentros de fachada con los forjados o pilares, o antepechos y remates superiores entre otros.

4) Cubiertas

Para las cubiertas es diferente a los elementos constructivos anteriores. El grado de impermeabilidad mínimo exigido es único e independiente de los factores climáticos. Cualquier solución constructiva alcanza el grado de impermeabilidad exigido siempre que cumpla las condiciones indicadas.

Algunas de las condiciones indicadas son las siguientes:

- Un sistema de formación de pendientes cuando se trate de una cubierta plana o un soporte resistente que tenga la suficiente

pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar cuando se trate de una cubierta inclinada.

- Una barrera de vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando se prevean condensaciones en dicho elemento.
- Una capa separadora bajo el aislante térmico o bajo la capa de impermeabilización cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles

Tras las condiciones generales indicadas para todas las cubiertas, se establecen condiciones más específicas para los diferentes componentes de las fachadas.

Para los sistemas de formación de pendientes establece, entre otras condiciones, las pendientes para cubiertas planas, en función del uso y del tipo de protección, y para las cubiertas inclinadas la pendiente mínima en función del tipo de protección.

También establece condiciones para el aislante térmico y para la capa de impermeabilización, donde para esta última se exige que los materiales utilizados sean los expuestos en el apartado 2.4.3.3 o materiales que produzcan el mismo efecto. Entre estos materiales están los bituminosos o bituminosos modificados, el etileno propileno dieno monómero (EPDM), policloruro de vinilo plastificado, o sistemas de placas.

Por último, se refiere a condiciones para las diferentes capas de protección, como el solado fijo, la grava o el solado flotante.

Además, la sección HS 1 también establece condiciones para los puntos singulares de las cubiertas, tanto para las cubiertas planas como para las cubiertas inclinadas. Detalles como las juntas de dilatación, el encuentro entre la cubierta y los paramentos verticales, o con un sumidero o canalón. Y los encuentros de las cubiertas inclinadas con elementos pasantes y los detalles de los aleros, limahoyas o cumbreras por ejemplo.

Tras todas estas condiciones, de la misma forma que se reflejaba en la sección HE 1 comentada anteriormente, también se definen características exigibles a los materiales de construcción.

5.2.2.3. Documento de Apoyo del DB-HE (DA DB-HE/2)

El último documento a comentar del Código Técnico de la Edificación es el Documento de Apoyo del DB-HE. En este documento trata de comprobar la limitación de las condensaciones superficiales e intersticiales.

La comprobación para las condensaciones superficiales se basa en la comprobación del factor de temperatura de la superficie interior (f_{Rsi}) y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo ($f_{Rsi,min}$) para las condiciones interiores y exteriores del edificio.

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo se comprueba en la siguiente tabla en función de la clase de higrometría y la zona climática correspondiente a la localidad donde se sitúa la edificación.

Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

Figura 24. Tabla 1 del Documento de Apoyo DA DB-HE/2.(Fuente: Código Técnico de la Edificación)

Tras conocer los valores mínimos, el cálculo del factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento viene dada por la siguiente fórmula:

$$f_{Rsi,min} = 1 - U \cdot 0,25$$

Dónde la U es la transmitancia térmica del cerramiento ($W/m^2 \cdot K$)

Por lo que refiere a las condensaciones intersticiales, el documento establece un método para su comprobación. Este método se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada capa que conforma un cerramiento.

Para que no se produzcan estas condensaciones se comprueba que la presión de vapor sea inferior a la presión de vapor de saturación.

Para ello, se calcula para cada cerramiento:

1) La distribución de temperaturas

La distribución de temperaturas para cualquier cerramiento depende de las temperaturas del aire exterior e interior y de las resistencias térmicas superficiales (interior y exterior) y de cada capa que compone el cerramiento.

El procedimiento consta en el cálculo en primer lugar de la resistencia térmica total del cerramiento. Tras dicho cálculo, se procede a conocer la temperatura superficial exterior mediante la siguiente fórmula:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Dónde θ_e y θ_i son las temperaturas exterior e interior en °C. La resistencia térmica total del cerramiento es la representada en la fórmula por R_T y la expresión R_{se} hace referencia a la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior.

Para el cálculo de las siguientes capas que componen el cerramiento se emplea la misma fórmula:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Dónde θ_{n-1} es la temperatura de la capa anterior, pudiendo así calcular las temperaturas de todas las capas, incluyendo la temperatura superficial interior θ_{si} .

2) La presión de vapor de saturación para las temperaturas calculadas

Tras obtener la distribución de temperaturas para un cerramiento se puede obtener la presión de vapor de saturación para cada capa mediante la siguiente expresión para temperaturas superiores o iguales a 0°C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

3) La distribución de las presiones de vapor

La distribución de presiones de vapor a través del cerramiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

Dónde P_i y P_e son las presión de vapor del aire interior y exterior relativamente en Pascales. El espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua está representado por la expresión S_{dn} , la cual se calcula multiplicando el espesor de la capa en metros (e_n) por el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ_n).

Tras obtener los resultados de la presión de vapor de saturación y la presión de vapor para cada una de las capas que conforma un cerramiento se pueden comparar para obtener los resultados de la comprobación.

6. Métodos para el diagnóstico de humedades

Para el diagnóstico de las humedades existen diversos métodos. Por lo general todos ellos se basan en un estudio previo, que consiste en una previa observación de la vivienda y los elementos constructivos para identificar y reconocer los síntomas.

Tras esto, es posible la realización de pruebas o ensayos, resultados de los cuales hay que interpretar. Después de identificar e interpretar los síntomas presentes, se realiza un diagnóstico, a partir del cual se podrá proponer un tratamiento.

El método escogido en esta ocasión se podría definir dividiéndolo en los siguientes puntos a seguir:

- Prediagnóstico mediante el origen y mecanismo por el que se produce la humedad.
- Comprobación de la prediagnóstico.
- Diagnóstico definitivo.

Tras el diagnóstico definitivo, se podrá emplear la solución necesaria para frenar o erradicar la humedad presente en la edificación y poder solucionar o reparar la patología generada.

6.1. Prediagnóstico

A continuación podemos observar una ficha en la que se relaciona el origen del agua y la manera de penetración con el tipo de humedad que le corresponde. La relación se establece mediante el signo X o el signo XXX. Cuando la relación entre la humedad y el origen o mecanismo es posible se representa con la X. Y cuando se representa el signo XXX es que la relación es frecuente.

Origen	Conden-sación	Capilar ascen-dente pura	Capilar freáti-ca	Tube-rías con presión rotas	Tube-rías sin presión rotas	Salpi-cadur-as	Lluvia absor-bida	Filtra-ción de lluvia	Ave-rías
Freático	X	X	XXX						
Lluvia	X	X	X			X	X	X	
Nivel capilar	X	XXX							
Rotura tuberías		X		XXX	XXX				XXX
Rotura depósitos			X	X					X
Producción de vapor por el uso	XXX								
Vapor ambiental exterior	XXX								

Tabla 2. Tipos de humedades y orígenes. (Fuente: García Morales, Soledad. 1993)

Mecanismo	Conden-sación	Capilar ascen-dente pura	Capilar freáti-ca	Tube-rías con presión rotas	Tube-rías sin presión rotas	Salpi-cadur-as	Lluvia absor-bida	Filtra-ción de lluvia	Ave-rías
Presión			XXX	XXX					X
Capilaridad		XXX	X	X	XXX		XXX		X
Viento o salpi-caduras						XXX		XXX	
Gravedad								XXX	
Diferencia de p. de vapor	XXX								X
Convección	XXX								

Tabla 3. Tipos de humedades y mecanismos. (Fuente: García Morales, Soledad. 1993)

Mediante las tablas anteriores se puede diferenciar entre los diferentes tipos de humedades. El principal problema a solucionar mediante la prediagnos is es el de diferenciar entre varias causas posibles ya que habitualmente en la patología de humedades los fenómenos no suelen presentarse aislados. Es por este motivo que es importante estudiar cada mancha por separado, agrupándolos sólo cuando se haya comprobado la coincidencia de varias observaciones.

Es habitual los problemas de diferenciación o superposición de las causas, en el que la situación más habitual es la de la aparición de la condensación, muchas veces asociada a otros fenómenos.

En el punto 12.11 de los anexos podemos observar diferentes fichas de diagnóstico, las cuales son más detalladas con los diferentes tipos de humedades y un análisis más concreto.

6.2. Comprobación de la prediagnos is

Tras disponer de la información tomada de la humedad a estudiar y el análisis realizado sobre los datos y con ayuda de las fichas anteriores, nos podremos encontrar en dos situaciones diferentes:

- 1) Que sólo sea posible una causa.
- 2) Que mediante la prediagnos is anterior se determinen varias causas posibles. Para comprobar este segundo caso se pueden llevar a cabo diferentes ensayos o estudios:
 - a) Estudio ambiental con termohigrógrafo y termohigrómetros.
 - b) Sondeos geológicos destinados a localizar el nivel freático, así como la composición del terreno y de sus diferentes estratos.
 - c) Análisis de las propiedades hídricas de los materiales.
 - d) Análisis de caracterización de los materiales, de sales solubles y de eflorescencias.
 - e) Análisis bioquímico.

6.3. Diagnos is definitiva

Con los datos proporcionados por las fichas anteriores y, en caso de ser necesarios, los ensayos realizados, podemos encontrarnos en condiciones de describir o definir la patología con la que nos encontramos.

En cada caso en concreto será más o menos importante determinar la magnitud de la patología, de la misma forma que considerar los diferentes tipos de intervención a realizar.

Dependerá de cada caso también la importancia de realizar estudios de análisis más profundos, incluso destructivos, para obtener información más relevante que nos permita escoger entre las soluciones posibles para actuar sobre la patología. Se deberá estudiar el presupuesto disponible, los precios de los estudios de investigación o de las soluciones más precisas, ya que cada caso será diferente.

7. Soluciones existentes para la intervención

Las soluciones constructivas dependerán del tipo de humedad que queramos tratar. Tras un correcto diagnóstico, podremos conocer de qué lugar proviene la humedad y como cortar su paso a través de los elementos constructivos que forman la envolvente del edificio.

En caso de que exista una patología proveniente de la presencia de humedad en la edificación, también habrá que tratar la humedad en primer lugar.

Es por estos motivos que podemos diferenciar las soluciones existentes según el tipo de humedad que genera la patología.

7.1. Intervenciones contra la humedad por capilaridad

Básicamente la humedad ascendente por capilaridad se puede combatir interviniendo la fuente, interceptando el recorrido del agua, cerrando o evitando la ascensión capilar o haciendo que el punto de evaporación sea más bajo. Debemos tener en cuenta que, cuando se trata una patología antigua, cualquier solución realizada puede tener sólo efectos relativos.

Es por este motivo que debemos estudiar cada caso por separado para poder adoptar la medida correcta.

Las fases de una correcta intervención de saneamiento pueden ser:

1) Reconocer la causa que provoca el fenómeno

La humedad ascendente por capilaridad se puede manifestar de forma localizada o de manera difusa en la base del muro. Si se trata del primer caso, es posible que proceda de una fuente local y puntual, como una pérdida de agua en el saneamiento o alguna fuente accidental que impregna el terreno alrededor de los cimientos.

Sin embargo, si se trata de una manifestación difusa en la base del muro, denota una fuente constante, que puede proceder de la capa freática o de agua presente en el subsuelo por una pérdida importante de la misma. Si aparece tras las precipitaciones, suele ser causada por las aguas subterráneas de escurrimiento.

Un método para diferenciar entre humedad ascendente por capilaridad y humedad por condensación es la comprobación entre los niveles de evaporación interior y exterior de un muro. Si tienen la misma altura nos encontramos con una humedad

ascendente, en el caso contrario, nos encontramos con humedades por condensación.

2) Eliminar la fuente

Eliminar la fuente si se trata de la capa freática no es posible, o en caso del agua de escurrimiento es desaconsejable cuando se encuentra en estratos profundos. El reconocimiento de la capa freática es bastante sencillo, sin embargo, para diferenciar entre agua de escurrimiento debida a precipitaciones y aguas presentes por causas accidentales, solo se puede detectar relacionándola con dichas precipitaciones.

Si se trata de una fuga en instalaciones, la eliminación de la fuente se realiza mediante la reparación del desperfecto.

3) Interceptar el agua

La intercepción del agua mediante las barreras verticales se puede utilizar incluso en presencia de la capa freática. Para ello, sirve sólo si en la proximidad de los cimientos existen estratos de terreno impermeables, de modo que mediante pozos filtrantes se puede dirigir el agua hacia debajo de los cimientos.

Por lo que se refiere a las aguas de esorrentía o a fugas, la intercepción es el sistema más eficaz. La actuación se fundamenta en la creación de zanjas de drenaje alrededor de los cimientos. Sirve para recoger las aguas y dirigirlas a otro lugar, y también para favorecer la ventilación de las paredes. En el caso de edificios históricos es preferible que la zanja se llene o arme, pero puede encontrarse vacía.

4) Obstruir la ascensión

Existen muchos sistemas para evitar la ascensión capilar y la función principal de estos es, mediante una barrera colocada en la base del muro, se bloqueen los poros del material.

Estas barreras pueden ser mecánicas o químicas. La primera consiste en insertar barreras directamente en la pared. En cuanto a las segundas, estas se realizan por impregnación de productos, o inyección de preparados químicos.

5) Eliminar la humedad

Las medidas para sanear un muro húmedo, se trata en aplicar técnicas, una vez eliminadas las causas de la humedad, basadas en la ventilación, ósmosis, electro-ósmosis y electro-ósmosis-foresis.

Se pueden emplear aparatos para la ventilación, sifones de drenaje u otras instalaciones, así como el tratamiento con materiales osmóticos o tratamientos superficiales mediante revestimientos aireantes.

En el caso de que la pared permanezca en un ambiente húmedo, se deben añadir otras dos actuaciones:

6) Eliminar los efectos inducidos

Esto trata en sanear y eliminar las pudriciones, hongos y demás daños producidos por la humedad mediante tratamientos como fungicidas o antibacterias.

7) Proteger y prevenir

Tras todos las actuaciones realizadas, es aconsejable proteger los elementos saneados con tratamientos impermeabilizantes. Esta operación es aconsejable también para otros tipos de humedades si el estado de los muros o paredes lo permite.

7.1.1. Tratamientos

Los siguientes tratamientos son para la intervención, en sus diferentes fases explicadas anteriormente, de las humedades por capilaridad. A continuación se explican los diferentes sistemas.

a) Pozos drenantes

Se emplean para la reducción de la humedad en el terreno y son útiles cuando se emplean en suelos granulares, en los que el nivel freático se puede hacer disminuir considerablemente.

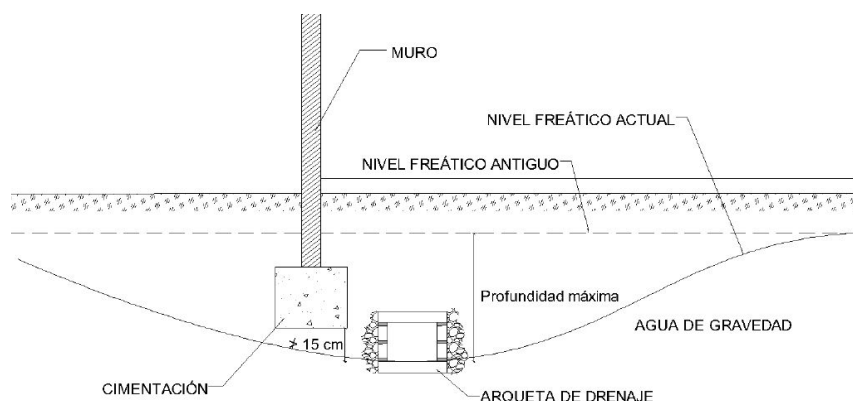


Figura 25. Reducción del nivel freático mediante una instalación de drenaje. (Fuente: Asignatura ED 0946)

Tras un estudio de los flujos deseados, se disponen los suficientes pozos drenantes de unos 15 o 30 centímetros de diámetro con separaciones que se suelen establecer entre los 5 y los 10 metros. El problema de los atascos es realmente difícil de evitar cuando se encuentran arcillas o limos en el terreno, aunque se suele disponer de grava fina que sirve como filtro.

b) Método del vacío

También empleado para reducir la humedad del terreno, este sistema conocido como Wellpoint, se aplica en terrenos de arena fina con limos. En estos se introduce en el terreno tubos filtrantes de diámetros pequeños y se fuerza el flujo mediante la aplicación de presión de vacío para conseguir la succión del agua.

En este sistema el radio de acción de los tubos drenantes es reducido, por lo que se deben colocar bastante juntos.

c) Electro-ósmosis

Se trata de un fenómeno producido por las propiedades eléctricas del agua. Se disponen tubos en forma de U en filas paralelas, que dejan entre ellas la zona a secar. Se introduce en cada lado un electrodo de corriente continua y el agua se aproxima hacia el electrodo negativo.

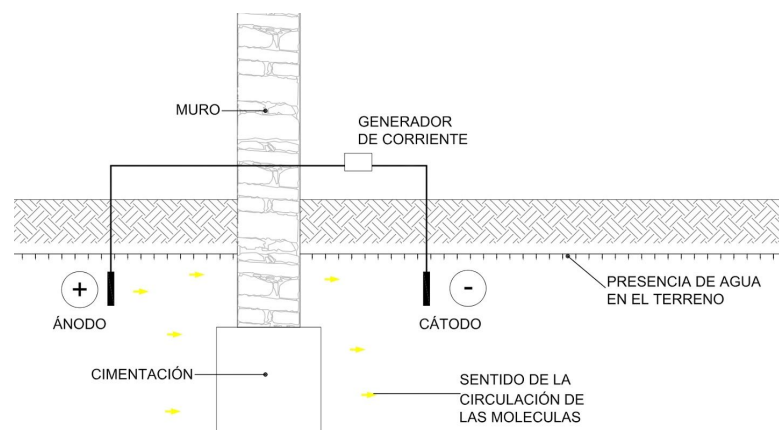


Figura 26. Esquema del proceso de electro-ósmosis. (Fuente: Propia)

d) Impermeabilización del terreno por inyecciones

Este sistema trata la ruptura del flujo ascendente y se aplica habitualmente al terreno.

Es un método complejo y bastante costoso, que consiste en introducir, a altas presiones, sustancias que obstruyen los poros del terreno. Se suelen emplear emulsiones bituminosas, resinas, o suspensiones tixotrópicas de cemento y arcillas.

e) Impermeabilización de paredes por inyecciones

Consiste en el mismo método tratado anteriormente pero aplicado a las paredes o muros, por lo que también es un proceso costoso y muy complejo. Entre varios inconvenientes, uno de ellos es que en la aplicación de estas sustancias, estas suelen llenar antes fisuras, cavidades o poros grandes que los poros más finos. Además es difícil controlar las inyecciones, por lo que hay que controlarlas continuamente con manómetros para evitar pérdidas.

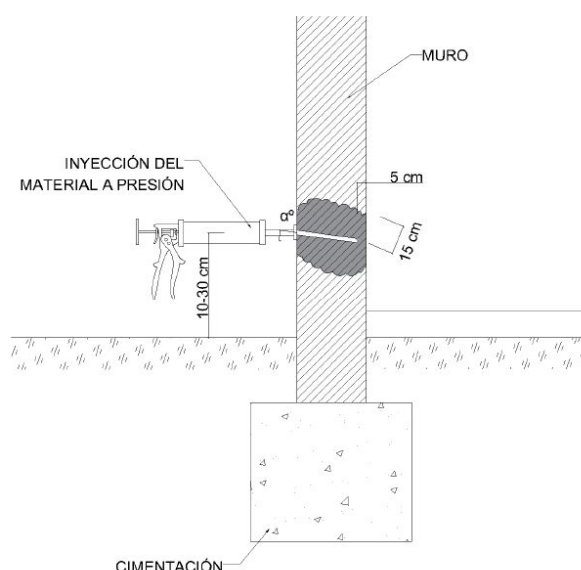


Figura 27. Inyección a presión en un muro. (Fuente: Castro Martínez, Raquel)

f) Barreras impermeables de placas metálicas

Es un sistema tradicional de impermeabilización de muros, y consiste en la colocación de placas continuas de plomo o zinc entre otros en ranuras abiertas al pie de los muros. Pese a que el sistema se ha simplificado actualmente con la aparición de las sierras eléctricas, sólo es posible emplearlo en edificaciones muy bien resueltas estructuralmente, ya que es posible la aparición de asentamientos que pueden afectar a las paredes.

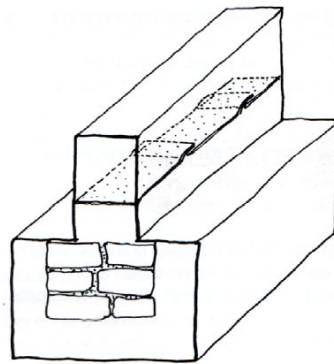


Figura 28. Barrera física con láminas impermeables. (Fuente: Munilla-Lería)

Además, hay que tener en cuenta que el plomo como material impermeabilizante no suele dar muy buenos resultados a largo plazo.

g) Barreras impermeables con cilindros de silicona

El mayor inconveniente de este sistema es su alto coste, aunque es un sistema muy efectivo. Trata en realizar series de perforaciones alternadas, perpendiculares al muro y llenada con resinas de silicona que son capaces de soportar las cargas del edificio. Cuando se finaliza este proceso, el muro se queda cortado a la altura de las perforaciones.

h) Zanja de ventilación en los cimientos

Se trata de un sistema para facilitar la evaporación mediante una zanja abierta a lo largo de los cimientos. Estas se cubren habitualmente con rejillas que permiten la ventilación, aunque hay que evitar que el agua de lluvia penetre en estas zanjas. Conviene además limpiar y sanear los muros con morteros permeables que favorecen la evaporación.

i) Aireamiento con cámaras de ventilación

Un sistema para secar una pared es colocar un tabique delante de esta para conseguir una circulación de aire desde la base del muro hasta la zona alta. Sin embargo, presenta diferentes inconvenientes.

Es un sistema que cubre los resultados obtenidos, y, del mismo modo, las paredes originales (no adecuado para edificios históricos). Además, si se trata de paredes de un alto espesor es posible que se seque sólo una cara del muro.

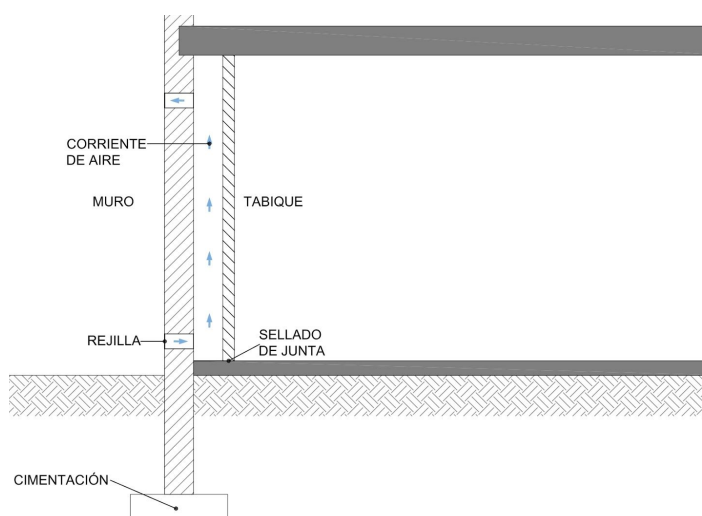


Figura 29. Ejemplo de una cámara de ventilación. (Fuente: Propia)

j) Método Knapen

Este método, también conocido como el sistema de sifones atmosféricos consiste en realizar perforaciones con una ligera pendiente hacia el exterior en un paramento. Con estas perforaciones se permite la ventilación del interior del muro y, en caso de que se produzcan condensaciones, permite la evacuación del agua generada.



Figura 30. Sifones atmosféricos instalados en fachada. (Fuente: Pinterest)

Es un sistema que, pese a presentar el inconveniente de que los tubos puedan quedar obstruidos por las sales a los pocos años, actúa con un doble efecto: seca el interior del muro y rompe el flujo en la red capilar si se disponen adecuadamente las perforaciones.

k) Electro-ósmosis mural activa

Se trata de un procedimiento para invertir el flujo de la humedad ascendente mediante el uso de las cargas eléctricas. Habitualmente se instala un conductor situado en una o ambas caras del muro con el polo positivo y se aplican cargas negativas al terreno, normalmente mediante picas clavadas.

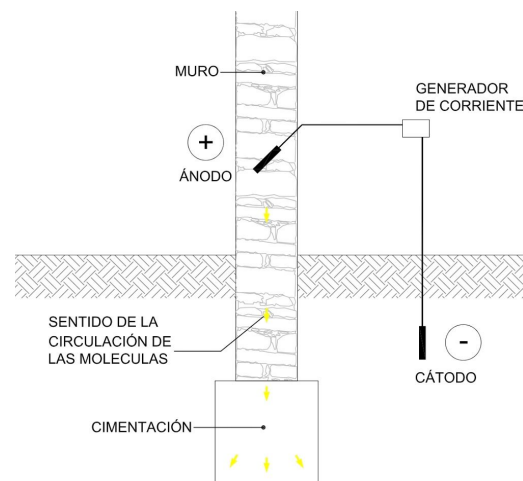


Figura 31. Esquema del proceso de electro-ósmosis. (Fuente: Propia)

No presenta grandes complejidades en su instalación y el coste tampoco es muy alto. Los principales inconvenientes son que necesitan una cierta labor de seguimiento y que el uso de este sistema implica la necesidad de un suministro eléctrico continuo.

7.2. Intervenciones contra la humedad por condensación

En cuanto a la intervención en los elementos de la envolvente térmica contra la humedad por condensación, podemos diferenciar entre los dos tipos principales de condensaciones que se dan en los cerramientos, la condensación superficial y la condensación intersticial.

7.2.1. Intervenciones contra la condensación superficial

Se trata de humedades que se aprecian, por lo general, con rapidez, sea porque se forman las gotas de agua o porque aparecen manchas de humedad, posiblemente con la presencia de moho o desconchamientos en los revestimientos.

Se puede actuar básicamente de tres formas, que consisten en evitar la condensación o adecuar la superficie para que el agua no produzca lesión en el elemento.

Las tres soluciones a seguir pueden ser:

1) Aumentar la temperatura superficial interior del cerramiento

El aumento de la temperatura del cerramiento en su superficie interior viene dado básicamente por aumentar el aislamiento en el propio elemento mediante soluciones constructivas. Los sistemas más adecuados para ello son:

- a) Aplicar una hoja exterior al cerramiento, de forma puntual o continua a lo largo de este. Es una solución que es de difícil aplicación en edificaciones históricas o en aquellas que no se pueda modificar su imagen exterior. Sin embargo es la mejor solución para evitar los puentes térmicos.
- b) Rellenar la cámara de aire que exista en el cerramiento con espuma. En teoría es una buena solución, sin embargo no eliminan los posibles puentes térmicos y es difícil asegurar una aplicación homogénea del aislamiento.
- c) Aplicar una hoja o tabique en el lado interior del cerramiento. Es una solución poco recomendable, ya que solo aísla y el vapor de agua sigue llegando de la misma forma. Tampoco eliminan los puentes térmicos y se deja expuesto el cerramiento exterior.

2) Disminuir la presión de vapor de agua en el local

El único recurso posible para disminuir la presión de vapor en un local es el de la ventilación natural y mecánica. El inconveniente es mantener en dicha ventilación un control sobre el paso de aire necesario.

Para llevar a cabo dicha ventilación se suele cambiar las carpinterías o instalar rejillas. Las carpinterías en mercado actualmente ya recogen la posibilidad de admitir cierta corriente de aire para permitir la ventilación. La otra opción es la colocación de deshumidificadores. Son aparatos relativamente discretos pero que pueden resultar efectivos para reducir la humedad ambiente dentro del edificio.



Figura 32. Deshumidificador. (Fuente: TROTEC)

3) Preparar la superficie interior para la posible condensación

Preparar dicha superficie para una posible condensación consta en disponer un material pulido e impermeable, que sea fácil de limpiar y que no se vea afectado con el agua que se encontrará sobre él.

Es una solución que se suele obviar hasta no disponer de otra alternativa anteriormente descrita. En climas secos un material de revestimiento adecuado es el yeso, material que es capaz de absorber la humedad del ambiente y retenerlo hasta el esta misma baja y la devuelve (material higroscópico). Es útil en climas secos pero su poder higroscópico queda anulado en climas húmedos.

En los casos en los que esta solución se aplica en cámaras interiores, es importante introducir una canaleta o algún medio en la parte inferior del muro que sea capaz de recoger las aguas generadas por la condensación.

7.2.2. Intervenciones contra la condensación intersticial

En cuanto a las condensaciones intersticiales, estas se generan cuando la presión de vapor supera a la presión de saturación en el interior de un cerramiento. En este caso no se aprecia hasta pasado un tiempo.

Del mismo modo que en el caso anterior, para intervenir contra las humedades generadas por condensaciones intersticiales se puede actuar mediante tres soluciones diferentes:

1) Aumentar la temperatura general del cerramiento

Para aumentar la temperatura general del cerramiento, solución también considerada para las condensaciones superficiales, se debe colocar aislamiento lo más al exterior posible. En este caso no podremos añadir aislamiento por el interior, ya que resultaría contraproducente.

2) Disminuir la temperatura de rocío en la sección del cerramiento

Para disminuir la temperatura de rocío deberemos disminuir la presión de vapor de agua. Existen diferentes caminos, pero el más directo es la colocación de barreras de vapor, cortando el paso de este al interior. También el aumento de la ventilación es una solución posible, pero no siempre es posible de ejecutar siempre.

Sin embargo, la barrera de vapor puede producir la acumulación de vapor de agua y, por lo tanto, la condensación superficial. Es por este motivo que antes de ejecutar esta solución se debe estudiar cada caso por separado.

3) Disipar el vapor de agua generado hacia el exterior

Las fachadas y cubiertas ventiladas introducen una cámara de aire que disminuye la presión de vapor. El caso de las fachadas ventiladas no siempre es posible ejecutarlas, ya que la imagen exterior no se puede cambiar en todos los casos.

En las cubiertas también se puede generar una cámara ventilada colocando una capa superior sobre la cubierta en la que se actúa.

7.3. Intervenciones contra la humedad por filtración

Las filtraciones son una de las lesiones más comunes en los edificios, aunque las soluciones son las más sencillas y eficaces de ejecutar para todo tipo de humedades por filtración. Por lo general, la única solución es la de eliminar las causas que generan las humedades y reparar los daños producidos.

Para las fachadas o paramentos horizontales que tienen humedades de filtración de tipo directo, como es la penetración del agua de lluvia, es posible actuar con soluciones que protegen la fachada de dichos factores externos. Las soluciones pueden ser:

- 1) Inyectar resinas en las fisuras por las que accede el agua procedente del ambiente exterior.
- 2) Pintar los muros o fachadas con pintura impermeable.

- 3) Aplicar productos para la hidrofugación de las paredes
- 4) Construir o ejecutar elementos externos como cornisas para proteger los paramentos.

En cuanto a las cubiertas, tanto planas como inclinadas, la solución más común es la de colocar láminas impermeabilizantes para proteger el edificio de la entrada de agua. Estas cubiertas suelen estar protegidas por tejas o pavimentos que resultan estar mal ejecutados o en mal estado, por lo que generalmente también conviene reparar dicha protección.

Uno de los temas que hay que tener en cuenta es la compatibilidad, tanto física como química, entre los materiales empleados para la solución y los materiales presentes en la edificación.



Figura 33. Instalación de impermeabilización en cubierta plana. (Fuente: CANTITEC)

Además, en el caso de los paramentos o muros exteriores debemos tener en cuenta y prestar atención a los productos con los que se impermeabiliza, ya que el vapor de agua que existe en el interior de los muros no podrá salir al exterior, con lo que es posible generar futuras humedades por condensación en el interior.

En el caso de humedades por filtraciones provenientes de una causa accidental, la solución es un buen mantenimiento del edificio para que el riesgo de que se produzca una avería se reduzca.

8. Pueblos de los “Camins del Penyagolosa”

Tras realizar un estudio de las tipologías más comunes de humedades existentes en los edificios y las exigencias que recoge al respecto la normativa, presente en el Código Técnico de la Edificación, procederé a introducir los casos de estudio, pertenecientes a las localidades de Puertomingalvo (Teruel) y Villahermosa del Río (Castellón).

El motivo de la elección de estos dos municipios es su relación con el Penyagolosa y sus caminos.

Es en el interior de Castellón donde se encuentra el Penyagolosa, lugar donde se alza el santuario dedicado a San Juan Bautista. Dicho santuario recibe peregrinaciones desde tiempos de la reconquista cristiana (s. XIV) procedentes de diferentes municipios.

En la actualidad, muchas de las rutas y caminos han desaparecido. Sin embargo, existen algunos municipios que todavía realizan las peregrinaciones en fechas señaladas. Estas rutas no sólo han sido itinerarios religiosos, si no que también han sido caminos de comunicación entre pueblos, constituyendo un importante patrimonio arqueológico, ecológico, etnológico y arquitectónico.

Por esta razón es que durante los últimos años se ha estado realizando un proyecto de investigación en la Universitat Jaume I, con el fin de conseguir que su candidatura sea considerada por la UNESCO y que los “Camins del Penyagolosa” sean declarados Patrimonio Mundial.

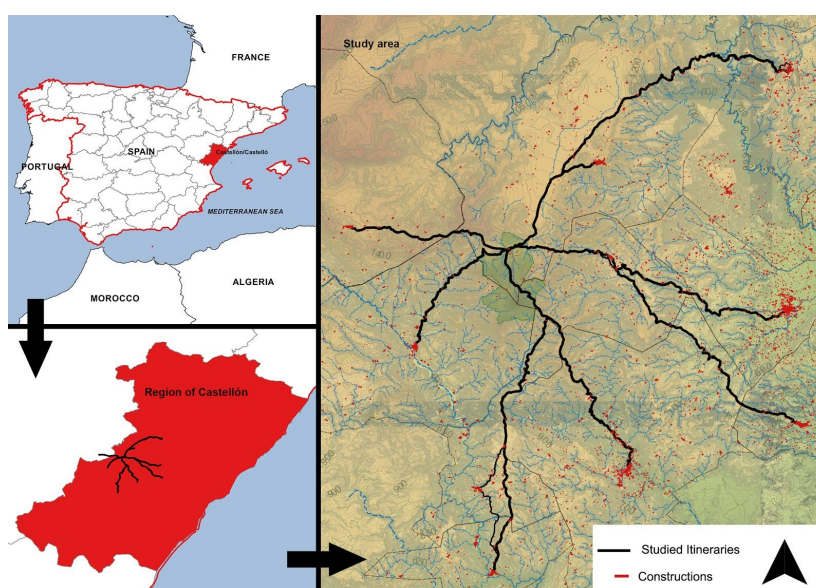


Figura 34. Los “Camins del Penyagolosa”. Situación geográfica. (Fuente: Altaba Tena, Pablo)

Mi relación e implicación al proyecto ha sido la de la concesión de varias becas de iniciación a la investigación durante los dos últimos cursos académicos (2018/2019) para colaborar en la realización de varias tareas con el grupo de investigación. La tarea más reciente es la elaboración de un Manual con las soluciones, técnicas constructivas y materiales empleados en los diez municipios que tienen relación con el proyecto.

Es por este motivo mi interés por el estudio de las humedades en los centros históricos de Puertomingalvo y Villahermosa del Río.

A continuación podemos observar la situación geográfica de cada una de las localidades y del pico Penyagolosa.

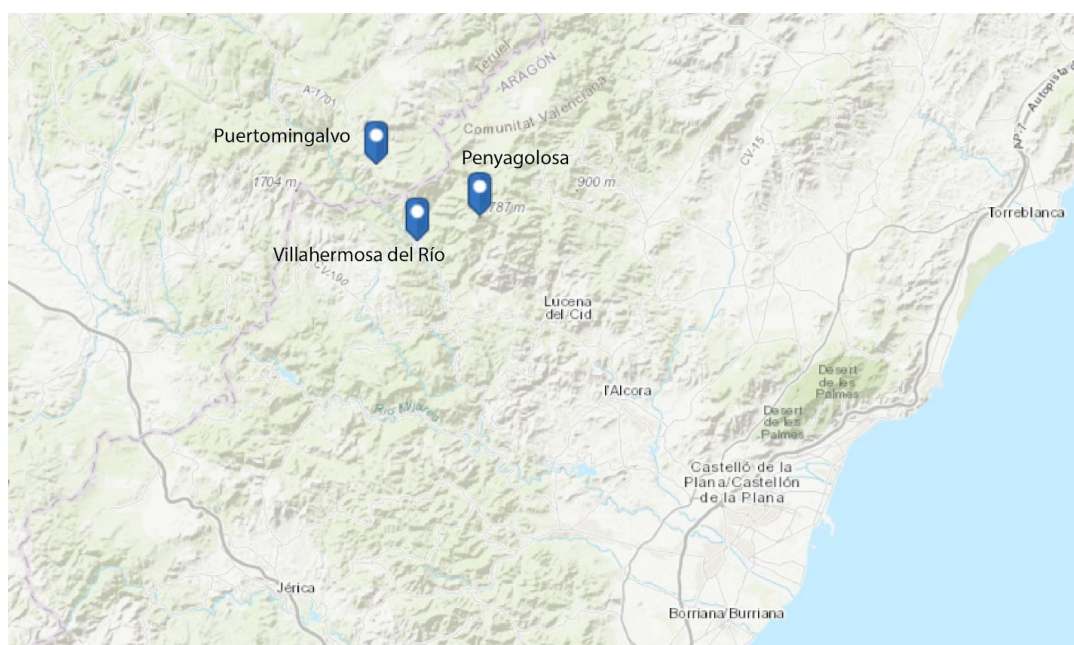


Figura 35. Situación de Puertomingalvo y Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)

8.1. Puertomingalvo

Puertomingalvo es una localidad y municipio situado en plena Serranía del Maestrazgo al noreste de la comarca de Gúdar-Javalambre, en la provincia de Teruel en Aragón.

Uno de los motivos de escoger la localidad de Puertomingalvo como fuente de estudio de las humedades en las edificaciones es debido al gran número de viviendas que, durante la toma de datos realizada mediante el proyecto de

investigación en la Universidad Jaume I, se observó que tenían patologías relacionadas con dichas humedades.

A continuación podemos observar el centro urbano del municipio, y tras esto, en la figura 37, se observan las edificaciones en las cuales se observaron humedades durante la toma de datos.



Figura 36. Núcleo urbano de la localidad de Puertomingalvo. (Fuente: Google)



Figura 37. Humedades en el núcleo urbano de la localidad de Puertomingalvo. (Fuente: Propia)

8.1.1. Historia

La historia de Puertomingalvo se remonta a tiempos de los íberos, ya que se han encontrado huellas que evidencian su presencia. Tras la romanización, dichas huellas pronto serían absorbidas.

La cultura musulmana también recalcó en esta localidad, siendo este el momento el que figura como inicio de la historia de la población. Se afirma que sería en 1181 cuando Puertomingalvo fue reconquistado, y en 1202 se establece el acta de fundación de la Villa.

En el año 2009 fue declarado Conjunto Histórico-Artístico y Bien de Interés Cultural.

8.1.2. Núcleo urbano

El núcleo urbano se asienta sobre un monte rocoso. Se trata de un conjunto formado por una compleja red de calles estrechas donde se pueden encontrar buenos ejemplos de arquitectura popular.

El tejido urbano es en general homogéneo, las parcelas tienen unas dimensiones similares, y se alternan edificios de arquitectura popular con algunas construcciones o edificaciones palaciegas más depuradas.

La edificación es en prácticamente su totalidad de clara tipografía rural, con viviendas entre medianeras.

Las viviendas tienen por lo general en planta baja el zaguán de entrada, las dependencias que solían tener uso agrícola y en algunos casos se empleaban como corral. En las plantas primera y segunda se desarrolla la vivienda propiamente dicha.

La estructura de la edificación tradicional es a base de paredes o muros de carga, predominando la piedra como material de construcción, que en la mayoría de los casos en la actualidad es vista. Sin embargo, existían varios casos en los que la piedra era vista y encalada o incluso talochada y encalada. Los forjados tradicionalmente eran de rollizos de madera y bovedilla de yeso, aunque actualmente son de viguetas de hormigón. Las cubiertas de teja árabe cerámica y los grandes aleros de madera predominan también en muchas de las edificaciones.

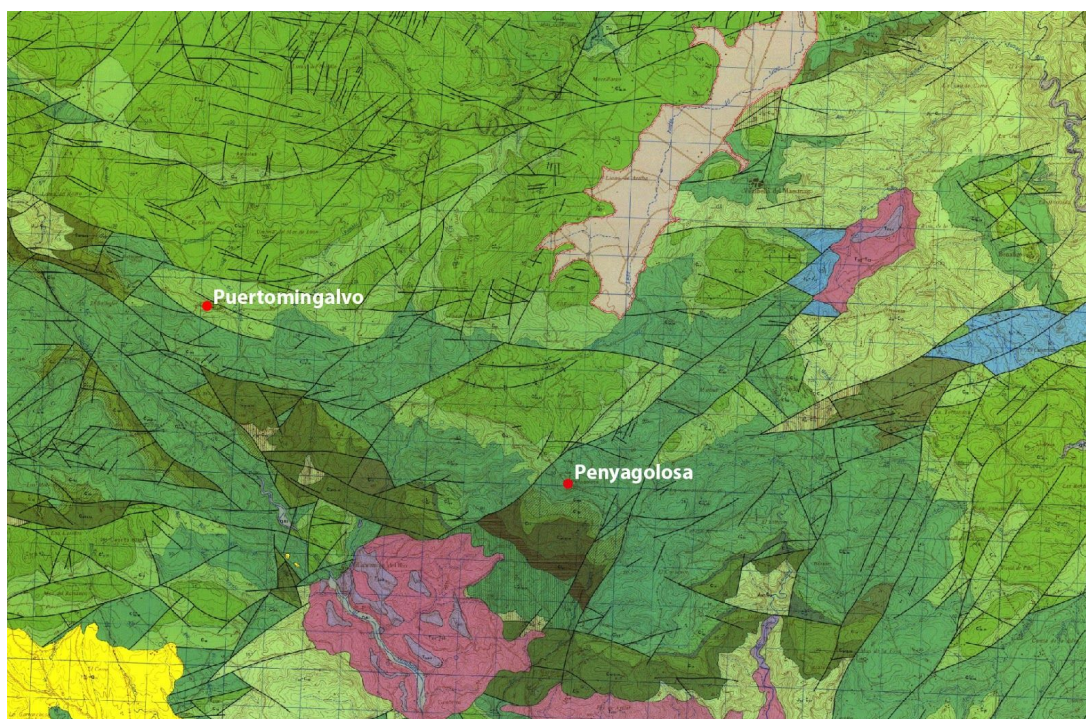


Figura 38. Mapa geológico de la zona. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España)

Como se puede observar en la cartografía obtenida del Instituto Geológico y Minero de España, los materiales predominantes en lo que a la superficie se refiere, son las calizas, margas, calizas ferruginosas y arcillas. Es por esto que son los materiales predominantes en la construcción de las edificaciones. En mayor medida son empleadas las calizas para la formación de los muros de carga de las viviendas.

8.2. Villahermosa del Río

Villahermosa del Río es un municipio perteneciente a la comarca del Alto Mijares, en la provincia de Castellón en la Comunidad Valenciana. Entre otras, a parte de Puertomingalvo, limita con las localidades del Castillo de Villamalefa, Vistabella del Maestrazgo o Chodos, poblaciones directamente relacionadas con los “Camins del Penyagolosa”.

Del mismo modo que en Puertomingalvo, en la localidad de Villahermosa del Río también encontramos gran número de viviendas en las que encontramos patologías generadas por las humedades. Podemos observar en la figura 40 las viviendas en las que se observan humedades.



Figura 39. Localidad de Villahermosa del Río. (Fuente: Google)



Figura 40. Humedades en el núcleo urbano de la localidad de Villahermosa del Río. (Fuente: Propia)

8.2.1. Historia

Respecto a la historia del municipio, su origen conocido se remonta a la época de Jaime I de Aragón, cuando Villahermosa del Río pertenecía al señorío musulmán de Zayd Abu Zayd, el último gobernador almohade de Valencia.

En el año 1234, Zayd Abu Zayd concedió la carta de población y más tarde se incorpora a la Corona de Aragón, siendo la sede del ducado de Villahermosa.

El pueblo fue destruido en el curso de los combates de la Guerra de Sucesión. También fue, durante las guerras carlistas un importante foco de actividad militar.

8.2.2. Núcleo urbano

En lo que hace referencia al núcleo urbano de la localidad, se asienta sobre un monte. Es este el motivo de los desniveles que encuentras entre sus calles estrechas. El entramado de estas misma es bastante homogéneo y, pese a la evolución de la arquitectura en el pueblo, se siguen encontrando ejemplares de arquitectura tradicional y popular a lo largo de estas calles.

Prácticamente la totalidad de las edificaciones se encuentran entre medianeras. Las viviendas se componen, por lo general de planta baja más dos o tres plantas.

Pese a que existen gran número de viviendas reformadas o rehabilitadas, la estructura tradicional de las edificaciones está compuesta por muros de carga exteriores que forman la envolvente del edificio. Como podremos observar a continuación, los materiales empleados suelen ser calizas o dolomías, puesto que son las más presentes en los entornos de la localidad. Los muros están habitualmente encalados, aunque podemos encontrar ejemplos de piedra vista en las fachadas.

Los forjados suelen estar compuestos por rollizos y bovedillas de yeso, aunque en la actualidad se emplea el hormigón para formar las viguetas y bovedillas. En las cubiertas se emplea la teja árabe como protección y predominan los aleros cerámicos.

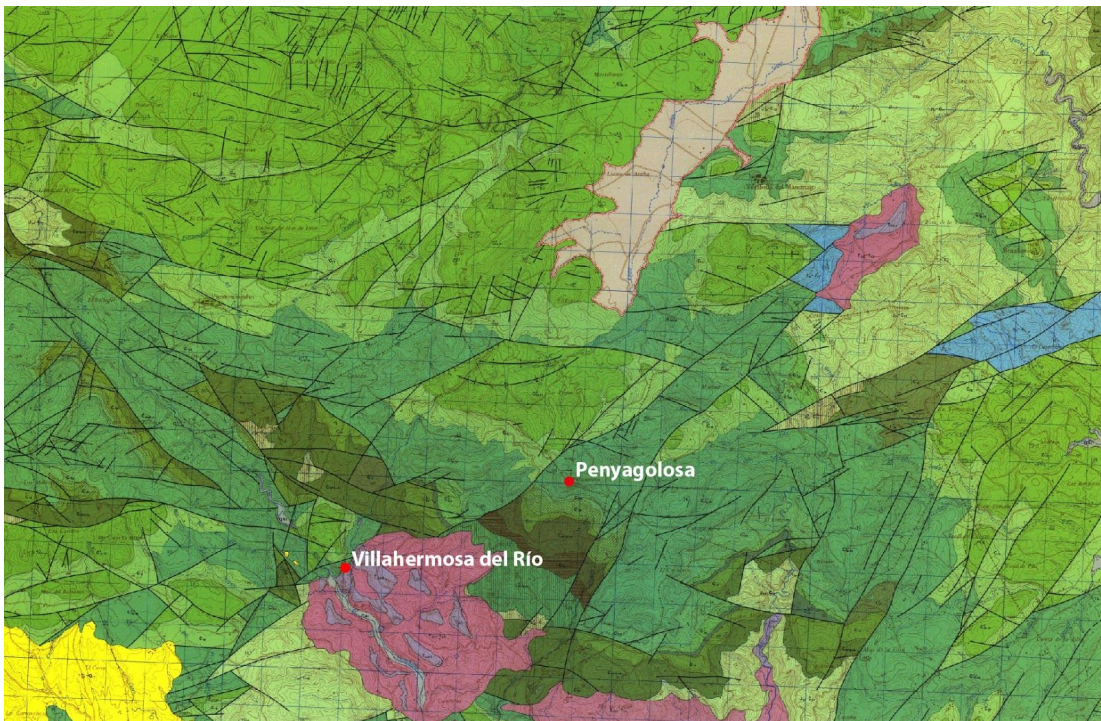


Figura 41. Mapa geológico de la zona. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España)

9. Casos particulares de estudio

A continuación procederé al estudio de dos casos en los que encontramos viviendas afectadas por humedades de diferentes tipología. Para ello describiré la situación actual de la edificación y donde podemos encontrar las patologías generadas por la humedad. Después de esto se tratará una propuesta de intervención para solucionar la patología descrita y para finalizar se realizará un breve presupuesto para estudiar la viabilidad económica del proyecto de intervención.

9.1. Primer caso de intervención. Vivienda en la calle Alta (Puertomingalvo)

El primer caso de estudio es una vivienda situada en la localidad de Puertomingalvo. El edificio es el número 22 de la calle Alta.



Figura 42. Situación de la vivienda del segundo caso de estudio. (Fuente: Propia)

La vivienda escogida presenta prácticamente todos los elementos constructivos característicos del municipio y se encuentra en la calle Alta, una de las calles principales de Puertomingalvo.

9.1.1. Descripción del estado actual

Por lo que representa a la vivienda, esta consta de planta baja más dos plantas. La vivienda se sitúa en el encuentro entre la calle Alta y la calle Valladar, por lo que solo dos de sus fachadas con visibles desde el exterior y tiene dos muros, que completan la envolvente térmica, como medianeras. Como característica se encuentra que, la

vivienda colindante comparte cubierta y alero con la vivienda estudiada, posiblemente porque anteriormente formarían una sola edificación.

La fachada principal está compuesta por un muro de carga de sillería, acabado en la última planta por mampostería. En esta fachada podemos observar que se encuentra un vano con arco de medio punto que da lugar a la entrada principal y única de la vivienda.



Figura 43. Fachada principal. (Fuente: Propia)



Figura 44. Fachada lateral. (Fuente: Propia)

Por otra parte, la fachada lateral está conformada por un muro de mampostería en el que encontramos hasta 7 oberturas diferentes. En esta fachada se aprecian huellas de un anterior revestimiento existente, posiblemente de cal, debido a que era el revestimiento característico del municipio.

La cubierta está compuesta por tablonos sobre viguetas de madera, sobre los que se coloca la teja árabe como capa de protección. Respecto al alero se observa que este se genera por la continuación de las viguetas perpendiculares a la fachada.

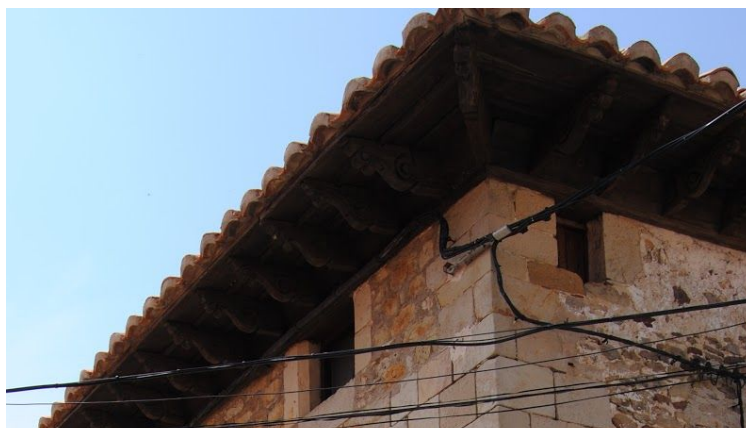


Figura 45. Alero de la vivienda objeto de estudio. (Fuente: Propia)

Por lo que refiere a las patologías generadas por las humedades, en este caso de estudio, encontramos patologías en la parte baja de los muros, tanto en la fachada principal, a la derecha de la entrada del edificio, como en el alzado lateral, donde se encuentra la mancha de humedad a lo largo de todo el paramento hasta una altura aproximada de 0,5 metros.

A parte de la humedad por capilaridad, se puede observar una posible humedad por condensación en la fachada lateral debido posiblemente a las bajas temperaturas alcanzadas durante el invierno en la población.

En los siguientes alzados podemos observar la situación de las humedades.

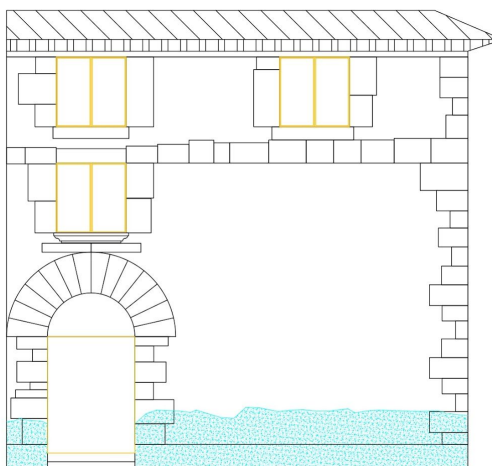


Figura 46. Croquis de la fachada principal. (Fuente: Propia)

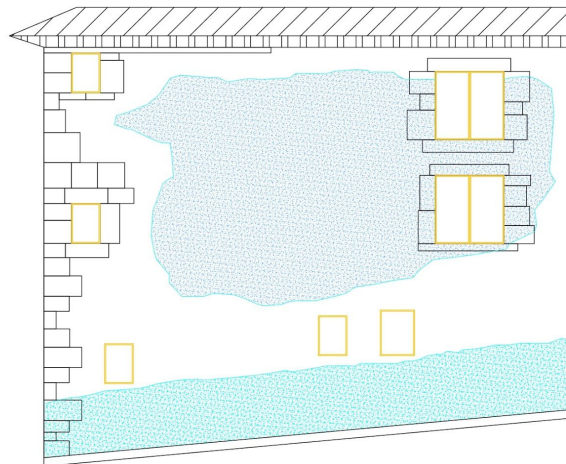


Figura 47. Croquis de la fachada lateral. (Fuente: Propia)

El uso de una cámara termográfica (NEC THERMO TRACER TH9100PWV) durante la toma de datos ha permitido obtener la temperatura superficial de los paramentos estudiados. Dada la diferencia de temperaturas obtenidas en la misma fachada da a suponer una humedad generada en dicho muro.



Figura 48. Cámara termográfica. (Fuente: Propia)

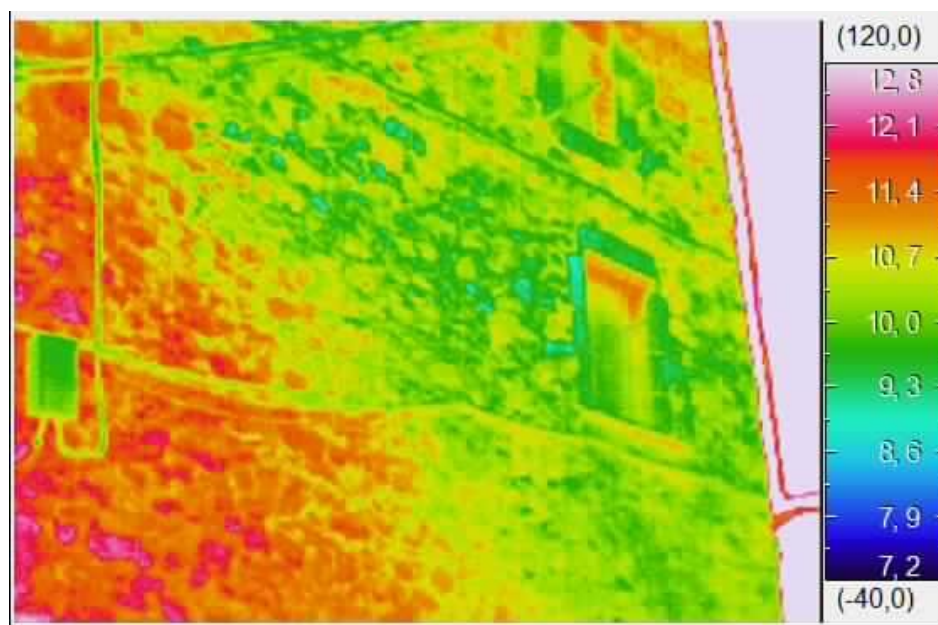


Figura 49. Imagen de tomada por cámara termográfica. (Fuente: Propia)

Podemos observar la diferencia de temperaturas en las diferentes zonas de la fachada. En primer lugar, se genera un cambio de temperaturas superficiales alrededor de los vanos, debido a los puentes térmicos generados. Sin embargo, en el resto de zona en la que se observa dicha bajada de temperaturas, se puede confirmar que existen humedades debido a que las bajas temperaturas indican la presencia de agua en el paramento.

Si el edificio estuviera en uso, se observarían temperaturas más altas en las zonas afectadas por la humedad, debido a que la transmitancia térmica sería mayor en estos tramos, por lo que sería una zona por la que el calor interno de la vivienda pasaría antes al exterior.

Mediante una breve estudio de las posibles condensaciones que se podrían generar en el muro empleando el proceso indicado en el Código Técnico de la Edificación, podemos conocer si se trata de una humedad por filtración o de una humedad por condensación.

Por lo que respecta a los cálculos indicados en el Documento Básico de Ahorro de Energía para la comprobación de las condensaciones, debemos conocer en primer lugar la zona climática en la que se encuentra. La altitud del municipio de Puertomingalvo es de 1456 metros sobre el nivel del mar, por lo que la zona climática en la que se encuentra es E1, la que mayores exigencias respecto a este documento tiene.

Para continuar con las comprobaciones debemos calcular la transmitancia térmica de la fachada. Y a continuación realizar las comprobaciones con las fórmulas ya

citadas en el apartado 5.2.2.3. de este mismo proyecto. Para ello, los cálculos se realizan mediante una sencilla tabla realizada con el programa Microsoft Excel.

Para el cálculo, se ha estimado una aproximación de la composición de la fachada debido a que no existe información relevante acerca de los muros de mampostería sobre los datos necesarios para el cálculo. Una pared de mampostería es irregular, por lo que puede asumirse una acumulación de capas con un porcentaje de cada material presente en el paramento para el cálculo.

Se ha estimado un 35% de su composición de mortero de cal y un 65% de piedra caliza. Los datos sobre resistencias térmicas y factores de resistencia a la difusión al vapor de agua se han obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

Capa	Espesor, m	Lambda, W/mK	Ri, m2K/W	Factor Dif. Vapor Agua	Sdn	T°, °C	Psat	Pv	
EXTERIOR	0,000	0,000	0,000	0	0,000	3,8	801,477	577,064	CORRECTO
Rse	0,000	0,000	0,040	0	0,000	4,609	848,341	577,064	CORRECTO
Mortero de Cal (35%)	0,175	0,550	0,318	10	1,750	11,042	1315,700	660,754	CORRECTO
Mampostería Caliza (65%)	0,325	1,400	0,232	40	13,000	15,736	1786,869	1282,454	CORRECTO
Enlucido Yeso	0,015	0,400	0,038	4	0,060	16,494	1875,451	1285,323	CORRECTO
Rsi	0,000	0,000	0,130	0	0,000	19,123	2213,035	1285,323	CORRECTO
INTERIOR	0,000	0,000	0,000	0	0,000	20,000	2336,951	1285,323	CORRECTO
R=				0,758					
					14,810				
				U=	1,320				

Zona Climática	E1	
U _{Max}	0,55	NO CUMPLE
U _{Lim}	0,57	NO CUMPLE

Condensación superficial: 0,670 **CORRECTO**

Figura 50. Cálculos de la fachada lateral. (Fuente: Propia)

Los resultados indican que, pese a no cumplir con las exigencias del Documento Básico de Ahorro de Energía por lo que respecta a la transmitancia máxima permitida, no existen condensaciones de ningún tipo, ni superficiales ni intersticiales, por lo que se tratarán de humedades por filtración o accidentales.

Tras estudiar la humedad por filtración generada en la fachada lateral, pasamos a la humedad por capilaridad presente en la parte baja de los dos alzados del edificio. La humedad proveniente de los cimientos de los muros exteriores, buscan una mayor altura de evaporación debido a la presencia del obstáculo generado por el hormigonado o pavimentado de las calles.

La humedad por capilaridad es una patología generalizada en todo el municipio debido a que las temperaturas suelen ser bajas y este hormigonado relativamente nuevo de las calles. Sobre todo, en las viviendas que se sitúan en el encuentro entre dos calles, ya que suelen ser calles estrechas y prácticamente durante todo el día se encuentran con sombra.

Además, en este caso de estudio en concreto, encontramos una bajante de aguas pluviales desde la vivienda vecina que desagua en plena calle Valladar al lado de la fachada lateral de la vivienda estudiada. La calle Valladar se encuentra en

pendiente, y el agua que discurre por ella acaba en la calle Alta, por lo que discurre al lado del edificio.



Figura 51. Bajante pluvial que desagua en la calle Valladar. (Fuente: Propia)

También se puede observar la humedad presente en el paramento en otra imagen tomada con la cámara termográfica.

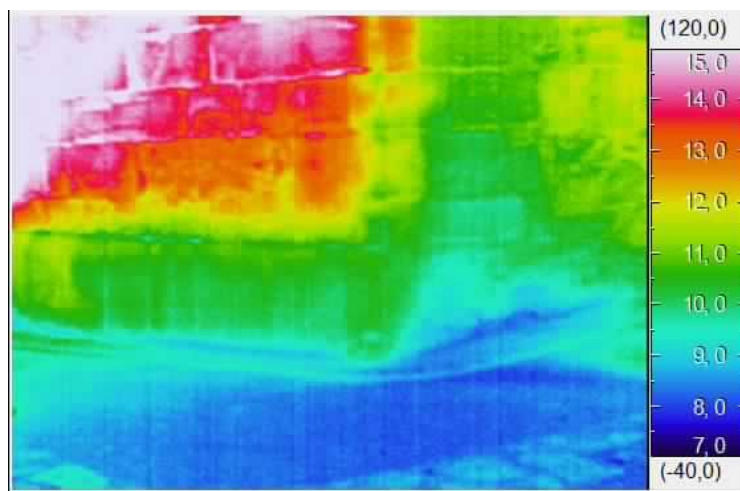


Figura 52. Imagen tomada con cámara termográfica del encuentro entre fachadas. (Fuente: Propia)



Figura 53. Imagen del encuentro entre fachadas sin escala de temperaturas. (Fuente: Propia)

Pese a que en este caso no las necesitamos para la propuesta de intervención, para la confirmación de la existencia de humedad en la fachada, existen métodos de análisis que se podrían aplicar, tanto no destructivos como destructivos. Estos métodos pueden ser algunos como el método de secado gravimétrico (destructivo) o el método de la medición por resistencia eléctrica (no destructivo).

9.1.2. Propuesta de intervención

Tras la descripción del estado actual de la vivienda estudiada, se puede ofrecer solución a las patologías encontradas relacionadas con la humedad. Para ello, tendremos en cuenta que, debido a la situación del edificio dentro del núcleo histórico de Puertomingalvo, su aspecto actual se debe respetar, siempre y cuando se realicen las correctas reparaciones para corregir las patologías presentes.

La intervención descrita a continuación es la reparación y solución a las humedades presentes en el edificio. La intervención consta de dos fases, la primera fase para colocar un enlucido anteriormente existente para facilitar la actuación del paramento lateral exterior frente a las precipitaciones. En segundo lugar, será la aplicación del sistema de sifones atmosféricos o método Knapen para evitar la ascensión de la humedad por capilaridad en las cerramientos exteriores.

Para ambas fases o actuaciones se dispondrán los andamios tubulares que sean necesarios para cubrir toda la superficie de la fachada lateral, y se acopiarán los materiales en un lugar destinado a ello. Por lo que respecta a la primera fase, esta seguirá los siguientes pasos desarrollados a continuación:

- Se procederá en primer lugar a la limpieza de la fachada para que sea la superficie soporte del revestimiento. Se realizará mediante la aplicación de líquido antisalitre con cepillo.

- Seguidamente se ejecutará una base de mortero de albañilería, tipo GP CSIV W1 (según UNE-EN 998-1) compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, puzolanas, otros aditivos y áridos seleccionados de 5 mm de espesor.
- Tras esto, se aplicará como capa reguladora, dispuesto en varias capas, mortero técnico de cal hidráulica natural NHL 3,5, tipo CR CSII (según UNE-EN 998-1), color blanco y compuesto por puzolanas áridos seleccionados, fibras y aditivos, de 20 mm de espesor.
- Posteriormente se aplicará una capa de acabado de mortero técnico de cal hidráulica natural, tipo CR CSIV (según UNE-EN 998-1), compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, áridos seleccionados y aditivos, y terminado con llana de plástico o fratás de espuma.

En cuanto a la segunda fase de la actuación, esta consistirá en la aplicación del método Knapen descrito anteriormente en el capítulo 7.1.1. Para ello se realizarán perforaciones en los dos paramentos exteriores del edificio distanciados entre sí por aproximadamente 1 metro.

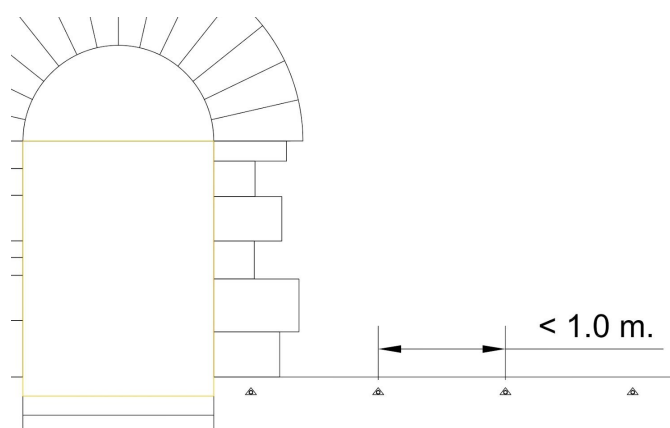


Figura 54. Disposición de sifones atmosféricos. (Fuente: Propia)

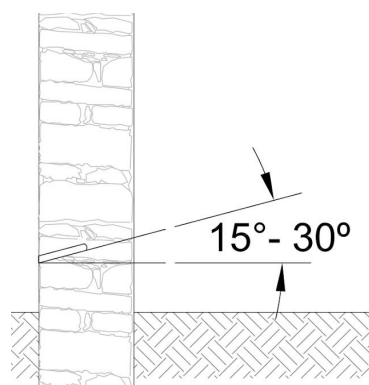


Figura 55. Disposición de sifones atmosféricos. (Fuente: Propia)

Las perforaciones tendrán una profundidad de unos 50 cm y algo de inclinación hacia el exterior para facilitar la evacuación del agua. Se instalarán los higróconectores de cerámica en las perforaciones y para su remate se dispondrán rejillas triangulares o circulares de nylon acopladas con mortero de cemento.

Por último se rematará la fachada lateral con pintura de silicato color blanco, acabado mate. Se aplicarán dos capas, una primera diluida con un 10% de agua y la segunda sin diluir.

9.1.3. Presupuesto para la ejecución

Por lo que respecta al presupuesto, este se ha realizado para ambos casos de estudio mediante el programa Presto. Los precios se han obtenido del Generador de Precios de CYPE y se han aportado por partidas dentro de cada uno de los capítulos.

El desarrollo de este presupuesto se puede observar en los anexos pero a continuación podemos ver los resultados obtenidos en un resumen por capítulos entre los que se incorporan los gastos generales y el beneficio industrial, y los impuestos sobre el valor añadido para obtener el precio final.

<u>Capítulos</u>	<u>Euros</u>
01. Actuaciones previas	2.648,86
02. Intervención en fachada	22.195,25
03. Medios auxiliares	948,36
04. Control de calidad	770,73
05. Estudio de seguridad y salud	777,13
06. Gestión de residuos	171,03
Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	27.511,36
13% Gastos generales + 6% Beneficio industrial	5.227,16
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	32.738,52
16% Impuesto sobre el valor añadido (IVA)	5.238,16
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	37.976,68

9.2. Segundo caso de intervención. Vivienda en la calle Trinidad (Villahermosa del Río)

En este segundo caso de estudio tratamos una edificación situada en el municipio de Villahermosa del Río y es la número 1 de la calle Trinidad.



Figura 56. Situación de la vivienda del primer caso de estudio. (Fuente: Propia)

La calle Trinidad es una de las calles principales de la localidad y la vivienda a estudiar es característica entre otros motivos por ser la única conocida que tiene un muro de tapia como parte de su envolvente térmica.

9.2.1. Descripción del estado actual

La vivienda a estudiar consta de planta baja más dos plantas en altura. Encontramos la vivienda dividida en conjuntos diferenciados: en primer lugar encontramos la zona de la vivienda, en segundo lugar locales para el uso agrícola y ganadero en la parte posterior de la parcela y, por último, un terreno dedicado a la agricultura. El estudio se centrará en la zona empleada como vivienda.

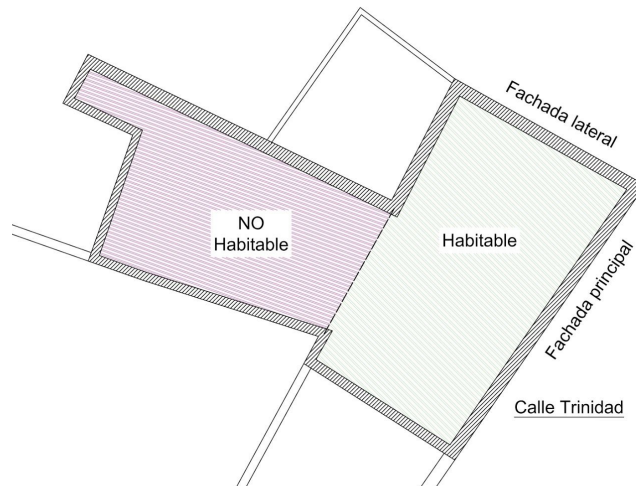


Figura 57. Distribución de la vivienda. (Fuente: Propia)

Por lo que se refiere a la envolvente térmica del edificio, está compuesta por una fachada principal, la fachada derecha y posterior, y un muro medianero entre esta vivienda y la colindante. En primer lugar, la fachada principal está compuesta por un muro de carga de mampostería, y en ella se encuentra la entrada principal a la vivienda. También encontramos, a parte de la puerta principal, dos vanos en la planta baja y otros dos por planta.



Figura 58. Fachada principal. (Fuente: Propia)

Por lo que respecta a la fachada del lateral derecho, esta está compuesta por un muro de mampostería en la planta baja y le sigue en las siguientes plantas un muro de tapia.

En cuanto al alzado posterior de la vivienda también se encuentra en él trazas de mampostería, aunque por lo general está compuesto por un muro de tapia. Esto se supone debido a las marcas que encontramos en el muro que dejan ver donde se colocaban los tablonos de madera que conformaban el encofrado y las huellas de los pasadores o agujas empleados en el tapial. Como se puede observar en la figura 59, este muro es el que da a las otras dos zonas especificadas.



Figura 59. Fachada posterior. (Fuente: Propia)

Por último, el muro de medianera entre las dos viviendas también está compuesto por mampostería.

Por lo que se refiere a la cubierta, tiene una pequeña superficie de cubierta plana que parece estar reformada recientemente debido al estado en el que se encuentra en comparación con el resto de la vivienda. El resto de cubierta es una cubierta inclinada conformada por viguetas de madera sobre la que se asientan tablonos de madera, protegida por tejas árabes, con el alero formado por la misma cubierta, con las vigas continuas perpendiculares a la fachada.



Figura 60. Alero de viguetas de madera continuas perpendiculares a la fachada. (Fuente: Propia)

En lo que refiere a las patologías que presenta el edificio en relación a las humedades, podemos observar, en primer lugar, la presencia de manchas en la fachada principal de humedades por filtración. El encalado de la fachada se encuentra por lo general en un estado de deterioro, sin embargo es en las zonas altas del paramento cerca de la cubierta donde se encuentran las zonas con mayor porcentaje de desconchados y donde se observa la falta de dicho revestimiento.

Es debido en gran medida al mal estado de la cubierta. El mal estado aparente de las viguetas de madera y de los tablones que se encuentran en el alero, dejan prever que la protección de tejas árabes, que ejerce también el papel de impermeabilizante en la cubierta, se encuentran también bajo un gran deterioro.

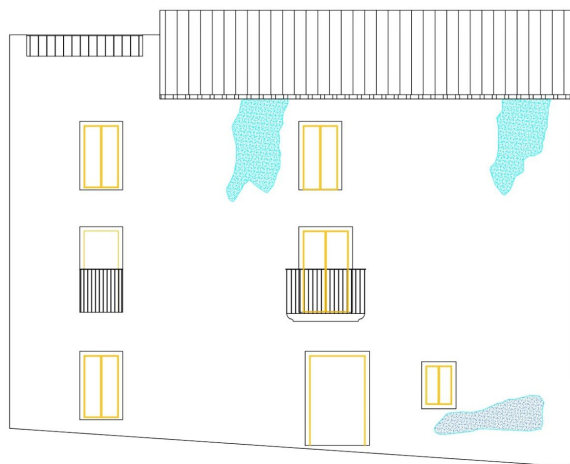


Figura 61. Croquis del estado actual de la fachada principal. (Fuente: Propia)

Gracias a la cámara termográfica mencionada anteriormente en el primer caso de estudio, se ha podido obtener la representación de las temperaturas superficiales en la fachada principal.

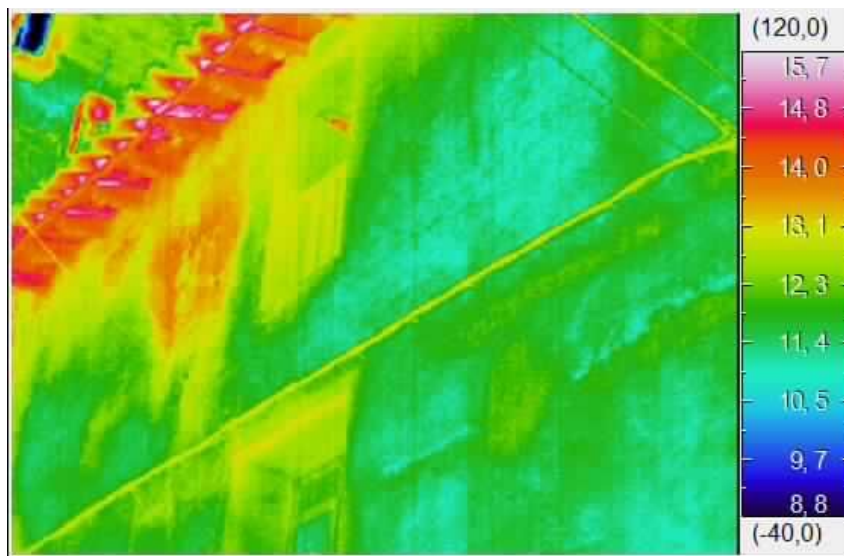


Figura 62. Imagen tomada por cámara termográfica. (Fuente: Propia)

Como se puede ver en la imagen, la zona afectada por las humedades de filtración carece de revestimiento. El enlucido de cal presente en el paramento actúa como capa impermeabilizante ya que es capaz de absorber y retener el agua. Por este motivo las zonas donde aún está presente el revestimiento existe humedad retenida, mientras que los otros tramos están secos.

Esto indica que cuando existan precipitaciones y humedad exterior que pueda entrar al interior de la vivienda, accederá por la zona desprotegida, mientras que el revestimiento de cal ejercerá su papel impermeabilizante y higrotérmico.

Además de las humedades por filtración también podemos ver una intervención existente en la planta baja de la fachada principal, donde se observa que esta zona presenta un revestimiento diferente al resto del muro. En dicha superficie se observa también la falta de este revestimiento en una zona donde se puede encontrar la altura de evaporación de la humedad por capilaridad presente en la pared.



Figura 63. Humedad por capilaridad en fachada principal. (Fuente: Propia)

Encontramos la falta de suficientes desagües a lo largo de la calle, además de una pavimentación relativamente reciente, que probablemente sea la causante de la existencia de estas humedades por capilaridad.

Sin embargo, la mala actuación y la reposición del revestimiento existente por el que se observa en la imagen, ha propiciado que la altura de evaporación del agua existente en el paramento se eleve y produzca el desconchamiento y la posterior desaparición del nuevo revestimiento de la zona afectada.

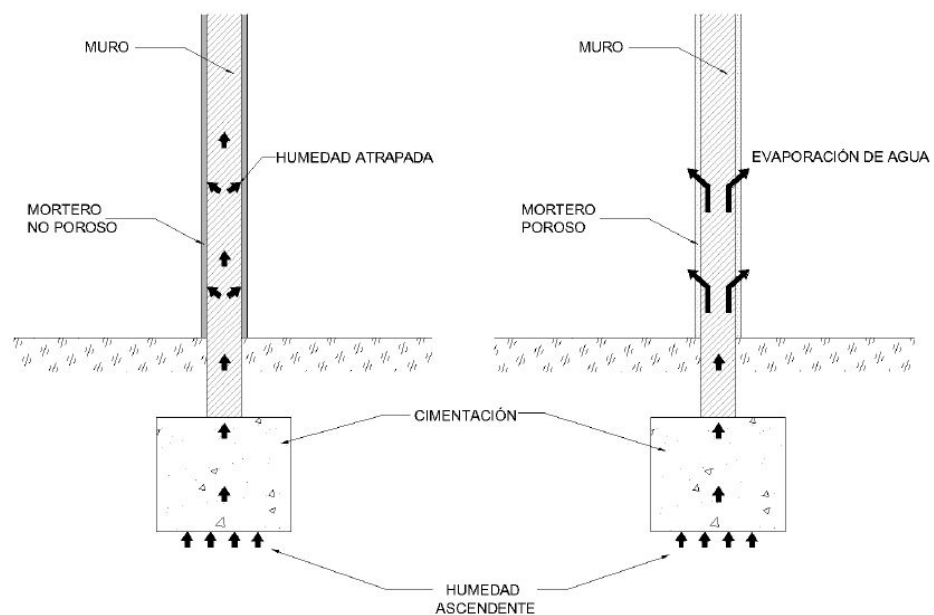


Figura 64. Diferencia entre un muro revestido con un mortero no poroso a otro con un mortero poroso. (Fuente: Castro Martínez, Raquel)

9.2.2. Propuesta de intervención

Debido a las patologías presentes tanto en la fachada principal como en la cubierta inclinada se procederá a una solución dividida en dos fases diferentes. En primer lugar se procederá a la sustitución o reparación de la cubierta inclinada actual, debido a que es la causa por la que se generan humedades por filtración en la última planta. En la segunda fase se procederá al picado del revestimiento actual de la fachada principal y a su posterior enlucido mediante un mortero técnico de cal hidráulica.

En la intervención en la cubierta se realizará un cambio completo de su estructura, empleando los mismos materiales y técnicas constructivas originales.

Para la primera fase de la intervención se procederá en primer lugar al estudio de la madera existente en la estructura de la cubierta. Para su diagnóstico correcto se procederá a analizar la consistencia de la madera, la observación de cómo se rompen las fibras superficialmente, los indicios de presencia de insectos y hongos, el contenido de humedad, la dureza superficial de la madera, (como indicador de la resistencia residual del material) y la profundidad y extensión del ataque.

Tras un estudio de las tensiones que soporta la estructura de la cubierta como último análisis de los materiales existentes, se procederá a la decisión de aprovechar elementos de madera existentes o emplear materiales nuevos.

Pese a que los criterios a seguir en toda intervención son el de la eficiencia y el respeto de la concepción estructural y autenticidad de los materiales, en este caso y de ahora en adelante se tratará el caso de estudio como la demolición completa de la estructura y el uso de madera nueva para la construcción de la cubierta puesto que los materiales encontrados se encuentran bajo un gran deterioro.

Para comenzar con la intervención se procederá a desmontar todos los elementos por tramos. Para evitar la entrada de agua en el interior de la vivienda se procurará realizar los trabajos en verano y se colocarán lonas. Se retirarán manualmente en primer lugar las tejas para su posible utilización posterior y se bajarán a la zona de acopio mediante el uso de un maquinillo.

Posteriormente se procederá a la retirada de los tablones de madera y de las viguetas y vigas que conforman la estructura de la cubierta. Se retirarán mediante un camión grúa y se podrán depositar directamente en el contenedor de residuos si no se van a utilizar posteriormente.

Tras la retirada de todos los elementos de la cubierta, se procederá a la preparación de los muros de carga como elementos de sustentación. Se prepararán las rozas

existentes en fachada mediante el uso de mortero para su regularización antes de colocar un elastómero para impedir la transmisión de humedad entre el muro y las viguetas.

Pese a que se trata de una solución más costosa que el resto y que requiere que la altura de la cubierta se eleve, por lo que puede producir cambios en el aspecto del alero o de los bordes, la solución escogida es la más adecuada para este caso. Se trata de la misma disposición de elementos en la cubierta pero con la colocación de aislamiento térmico sobre las viguetas.

Este sistema mejora el rendimiento del aislamiento la reducción de la infiltración de aire y por evitar puentes térmicos en la cubierta. El aislamiento en el lado exterior de las viguetas deja la estructura del techo en el lado cálido y seco del aislamiento, por lo que se reduce el riesgo de condensación.

La nueva cubierta estará compuesta por viguetas de madera siguiendo la misma disposición original, colocadas sobre los muros de carga. Las viguetas y los rastreles serán de madera de pino clase resistente C18 o C20.

A tener en cuenta es el factor de riesgo al que se encuentra la madera de la cubierta. Se trata de un tipo de riesgo 2, ya que los elementos de madera están cubiertos y protegidos de la intemperie pero pueden estar expuestos a una humedad ambiental elevada. Es por esto que se aconseja que se realice una protección superficial o media mediante una inmersión leve, pulverización o pincelado.

Sobre estas viguetas se colocará el aislamiento térmico. Se procederá a la colocación de lana de roca de un espesor entre 50 y 100 mm. Puesto que no es una cubierta transitable se podrá emplear dicho material aislante, ya que no es el idóneo para soportar cargas.

Tras la colocación del aislamiento se dispondrán los tablones de madera. Se emplearán tablones de madera de pino de las mismas características que las existentes. Sobre estas podremos disponer los rastreles para la sujeción de las tejas árabes. Estas se colocarán empleando un mortero hidrófugo M-2,5, que es un mortero de baja sollicitación resistente, necesario para evitar que se rompan piezas, ya que este mortero permite el movimiento en los procesos de dilatación y contracción.

La ventilación en la cara interior de las tejas se debe facilitar dejando entradas de aire en el alero y colocando un mínimo de una teja de ventilación cada 5 m² para facilitar la circulación de aire. Además, para no obstaculizar la circulación de aire se empleará la mínima cantidad de mortero necesaria para la fijación de las piezas cerámicas.

Podemos observar una disposición de la estructura de la nueva cubierta en la figura 65 a continuación.

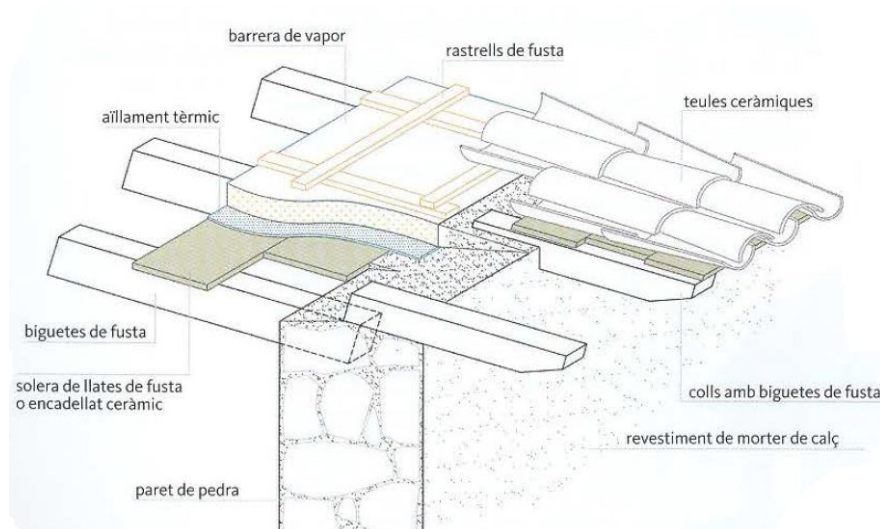


Figura 65. Disposición de los componentes de la nueva cubierta. (Fuente: *Arquitectura Tradicional. Tècniques Constructives*. 2016.)

Por lo que respecta a la segunda fase de intervención esta constará del mismo proceso que en el primer caso práctico, solo que en esta ocasión existirá un paso más.

En primer lugar se deberá picar el revestimiento existente en la fachada principal antes de la colocación de las siguientes capas de mortero de cal hidráulica. Puesto que las humedades por capilaridad no son excesivamente presentes en este caso, la nueva disposición del revestimiento debería ser suficiente para facilitar la evaporación de la humedad en el muro procedente del subsuelo.

Además la existencia de un revestimiento inadecuado a causado el desconchamiento de este por la humedad, por lo que su eliminación debería generar una gran mejora en el rendimiento del paramento frente a la humedad.

En este caso también se emplearán los mismos morteros de cal hidráulica empleados en el caso anterior posteriormente a la limpieza de los paramentos. Para finalizar también se procederá a pintar las fachadas con una pintura de silicato color blanco, acabado mate. Se aplicarán dos capas, una primera diluida con un 10% de agua y la segunda sin diluir.

A considerar para la ejecución de la obra y su presupuesto están los medios auxiliares empleados que serán los siguientes:

- Andamio tubular en las fachadas principal y lateral

- Plásticos protectores
- Maquinillo
- Vallado perimetral
- Camión grúa

9.2.3. Presupuesto para la ejecución

Para la ejecución del presupuesto en este caso, se ha empleado el mismo programa para su realización, el Presto. Además los precios han sido obtenidos también del Generador de Precios de CYPE.

En este caso, hemos llevado a cabo el estudio económico del cambio de cubierta por una nueva como se ha propuesto en el apartado anterior. A continuación podemos ver un resumen del precio obtenido.

<u>Capítulos</u>	<u>Euros</u>
01. Actuaciones previas	186,57
02. Desmontaje de cubierta	11.939,84
03. Reconstrucción de cubierta	8.288,25
04. Medios auxiliares	15.647,64
05. Control de calidad	206,16
06. Estudio de seguridad y salud	3.492,67
07. Gestión de residuos	972,30
Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	40.733,43
13% Gastos generales + 6% Beneficio industrial	7.739,36
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	48.472,79
16% Impuesto sobre el valor añadido (IVA)	7.755,65
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	56.228,44

10. Conclusiones

Tras finalizar el estudio llevado a cabo mediante la redacción de este proyecto, se pueden obtener diversas conclusiones. Durante todo este tiempo, se ha podido observar la existencia de un gran número de patologías generadas por la humedad en todos los centros históricos de los municipios estudiados que tienen relación con los “Camins de Penyagolosa”. Tras finalizar este estudio podemos observar que existen soluciones correctas a diversas de estas patologías respetando la construcción existente y sus técnicas originales, y empleando materiales tradicionales y adecuados.

Después de observar los presupuestos de las reparaciones podemos decir que los costes son altos. En todos los casos deberíamos tener en cuenta la viabilidad económica de la que se dispone para realizar una correcta intervención. Es por esto que se observan casos de intervenciones incorrectas debidas en gran medida a la búsqueda de soluciones más económicas, pero que acaban derivando en mayores problemas para las edificaciones y una futura reparación de mayor envergadura, ya que no son las soluciones correctas a ejecutar.

En cualquier caso, la mejor solución es dada por el correcto mantenimiento de los edificios. Es cierto que las edificaciones tienen una vida útil y los materiales de construcción pueden deteriorarse, pero gran parte de las patologías son generadas por una falta de uso de las viviendas, y por consiguiente un mal mantenimiento. Por ejemplo, renovar periódicamente el revestimiento de mortero de cal del exterior de la vivienda prevendría la aparición de humedades de filtración por agua de lluvia en las fachadas, que posteriormente son más complicadas de eliminar.

El presente proyecto no abarca todos los casos que podemos encontrar en los diferentes edificios tradicionales de los diversos municipios nombrados durante el trabajo, ya que en él sólo se tratan dos casos prácticos generales, que pese a su posible extrapolación a otros casos, son escasos para la gran diversidad de patologías que podemos encontrar.

Personalmente este proyecto es el final de los estudios en la Universitat Jaume I del Grado en Arquitectura Técnica. No sólo ha sido un trabajo donde implicar gran parte de los conocimientos que he podido adquirir durante los cuatro cursos de estudio, sino que también he podido concluir los estudios desarrollados con la “*Cátedra Diputación de Centros Históricos e itinerarios Culturales de Castellón*”, con la que he tenido la oportunidad de estar relacionado gracias a la concesión de varias becas de iniciación a la investigación en el proyecto “*Artesanías y Artesanos. Evaluación de pequeños municipios para desarrollar un plan de acción territorial para la gestión del patrimonio cultural del entorno del monte Penyagolosa, Castellón*”.

El proyecto me ha ayudado a aplicar diversas metodologías de trabajo que he conocido y llevado a cabo a lo largo del Grado.

Además he podido profundizar en la investigación de los materiales y las técnicas constructivas empleadas en los edificios tradicionales de las localidades de Puertomingalvo (Teruel) y Villahermosa del Río (Castellón), municipios que despiertan en mí un gran interés personal.

11. Bibliografía

Libros

- Abasolo, A. et al. (2008). *Tratado de rehabilitación. Patologías y técnicas de intervención. Elementos estructurales*. Madrid: Munilla-Lería.
- Adell Argilés, J.M. et al. (2000). *Tratado de rehabilitación. Patologías y técnicas de intervención. Fachadas y cubiertas*. Madrid: Munilla-Lería.
- Aguado Alonso, L. (1997). *Humedades en la edificación. Control de calidad en la impermeabilización*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid.
- García Esparza, J.A. (Ed.) (2017). *Paisatge, etnografia i rituals a Penyagolosa*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- García Esparza, J.A. (2018). *Projectos II. Técnicas de conservación y mantenimiento*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- García Morales, Soledad. 1993. *Metodologia del diagnòstic d'humitats. Una aproximació sistemática en AA.VV.* (Ed) Manual de diagnosi i tractament d'humitats (45-68). Barcelona: Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- López Rodríguez, F., Rodríguez Rodríguez, V., Santa Cruz Astorqui, J., Torreño Gómez, I. y Úbeda De Mingo, P. (2004). *Manual de Patología de la Edificación*. Tomo 1 y 3. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Muñoz Hidalgo, M. (2004). *Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación*. Sevilla: Autor.
- Muñoz, O. (2016) *Arquitectura tradicional. Tècniques constructives*. Girona: Grup de Recuperació i Estudi de la Tradició Arquitectònica (GRETA).

Tesis Doctorales, Trabajos de Final de Máster (TFM), Trabajos de Final de Grado (TFG) y Proyectos de Final de Grado (PFG)

- Aznar Mollá, J. (n.d.). *El diagnóstico de las humedades de capilaridad en muros y suelos. Determinación de sus causas y origen mediante una metodología basada en la representación y análisis de curvas isohídricas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

- Castro Martínez, R. *Humedades por capilaridad. Causas y propuestas de intervención*. Trabajo de Final de Grado. Universitat Jaume I, Castelló de la Plana.

Páginas Web

- Código Técnico de la Edificación, <https://www.codigotecnico.org/>
- Real Academia Española, <https://www.rae.es/>
- Instituto Geológico y Minero de España, <http://info.igme.es/>
- Archivo de planeamiento, <https://idearagon.aragon.es>

12. Anexos

12.1. Fichas para la prediagnosic y el análisis de las humedades

Ficha 1	Humedad de capilaridad ascendente pura
Situación	Locales con sótano o planta baja. Mayor probabilidad en muros exteriores.
Localización	Partes bajas de los muros de carga. Encuentros de pared y solera. Soleras.
Morfología	Mancha «zócalo» de altura aproximadamente uniforme. (Puede alcanzar cotas altas si la humedad y el edificio son antiguos). La altura es aproximadamente igual en la cara interior y exterior del muro (si el muro es homogéneo).
Extensión	Generalmente grande (toda la longitud del muro).
Color	Puede adquirir coloración si hay algas, hongos, musgo, etc.
Olor	Ninguno.
Coincidencias espaciales	Puede haber diferencias de altura que coinciden con cambios de material. Los muros más húmedos suelen ser los orientados al Norte o los que están en la sombra.
Coincidencias temporales	
Forma de aparición	Ascenso por succión capilar desde el terreno húmedo, a través de los cimientos, los muros de contención, etc. El muro o la solera no está «blando», sino «húmedo». No rezuma ni gotea agua. La superficie evapora agua. El agua no penetra con presión.
Origen	Terreno húmedo. El edificio no llega a interceptar el nivel freático.
Otros síntomas	Eflorescencias. Abombamiento y caída de acabados, pinturas, principalmente en la zona o línea donde hay una alternancia de períodos húmedos y secos. Disgregación de materiales.

Tabla 4. Humedad de capilaridad ascendente pura (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)

Ficha 2	Humedad capilar freática
Situación	Locales de sótanos y planta baja, generalmente exteriores.
Localización	Partes bajas de muro de carga, de contención. Encuentros de muros y soleras. Soleras.
Morfología	Mancha extensa e intensa. La mancha y la humedad es más intensa cerca de las grietas, las juntas constructivas, encuentros, etc.
Extensión	Puede tener forma de zócalo ancho y uniforme, o cubrir toda la superficie.
Color	Generalmente, ninguno.
Olor	Generalmente, ninguno.
Coincidencias espaciales	Pueden aparecer en muros junto a pendientes, o muros sobre vaguadas. Puede existir una fuente en el terreno.
Coincidencias temporales	Puede coincidir con obras en un solar cercano, o con una época de lluvia intensa, deshielo, etc. Puede reflejar variaciones estacionales.
Forma de aparición	El agua lleva «carga» por provenir de la capa de nivel freático que se ha interceptado en los cimientos. El muro está blando: rezuma o gotea agua. A veces mana con mayor o menor intensidad. La penetración es mayor a través de agujeros, grietas, juntas, etc.
Origen	Corrientes subterráneas naturales (nivel freático).
Otros síntomas	Puede haber eflorescencias. Arrastre de finos si la presión de penetración es mayor. Disgregación y ruptura del material.

Tabla 5. Humedad capilar freática (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)

Ficha 3	Humedades por filtración del agua de lluvia
Situación	Locales con algún cierre en contacto con el exterior, o que están próximos.
Localización	Es muy variable. Generalmente en muros y techos. Suele ser próximo al muro por donde se produce la penetración del agua, pero a veces no es así y el agua recorre un largo camino antes de manifestarse.
Morfología	Mancha central y radial, o alargada. Forma definida, de bordes claros.
Extensión	Variable, generalmente pequeña, salvo en casos en que existe embozado.
Color	Ninguno.
Olor	Ninguno.
Coincidencias espaciales	Proximidad a puntos de encuentro, uniones o junta de material de impermeabilización. Proximidad a canales de cubierta. Proximidad de juntas de paneles o de juntas constructivas del edificio.
Coincidencias temporales	Coincide con las precipitaciones. Aparición generalmente inmediata.
Forma de aparición	El agua penetra gracias a la fuerza directa de choque que tiene la lluvia cuando va unida al viento. Aunque los materiales de la fachada sean impermeables, si hay agujeros bastante grandes (juntas mal selladas, solapamientos mal hechos, etc.), el agua penetra a través de ellos. Desde el punto de penetración, el agua puede desplazarse por gravedad o por capilaridad, según el tipo de construcción. El agua suele recorrer un camino definido y aparece «goteando» en el interior.
Origen	Agua de lluvia.
Otros síntomas	Si la evaporación o el secado son lentos, pueden aparecer hongos.

Tabla 6. Humedades por filtración del agua de lluvia (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993)

Ficha 4	Humedades de condensación
Situación	Generalmente, cerramientos (fachadas, cubiertas, soleras o forjados de techo sobre cámaras, y en ocasiones cielo rasos). A cualquier altura.
Localización	Cualquier posición.
Morfología	Variable. A veces dibuja la forma de un puente térmico. Otras veces presenta la forma de zócalo continuo, de mancha de rincón, o de mancha redondeada («nube»).
Extensión	Variable.
Color	Puede adquirir coloración (negruzca o gris-verdosa) si hay hongos.
Olor	El clásico olor a moho. El olor puede notarse aunque, aparentemente, no haya mancha de humedad.
Coincidencias espaciales	Con: <ul style="list-style-type: none"> - puentes térmicos. - locales fríos y/o mal ventilados (baños cocinas, zonas de estar...). - fisuras o grietas que constituyen fugas de aire de la habitación. - tuberías o conductos situados en regatas o huecos. - chimeneas. - fondos de armarios o muebles arrimados a la pared. - paredes de separación en locales fríos y húmedos.
Coincidencias temporales	Puede aparecer especialmente en épocas húmedas, o después de una penetración de agua (lluvia, capilaridad...), en la que queda humedad durante un cierto tiempo. Puede coincidir también con un cambio de tiempo.
Forma de aparición	Por difusión del vapor de agua entre locales con ambiente higrotérmico diferente. Por convección del aire húmedo que se condensa en puntos fríos. Por evaporación de humedad en el local.
Origen	Vapor de aparatos, máquinas o personas. Vapor de aire ambiental exterior (climas húmedos).
Otros síntomas	Presencia de sales higroscópicas. Hinchazón de pinturas, papel, etc. Pudrición de madera.

Tabla 7. Humedades de condensación (Ficha según: García Morales, Soledad. 1993).

12.2. Presupuesto completo

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Actuaciones Previas									
01.01	<p>Ud Levantamiento geométrico</p> <p>Estudio y evolución de un inmueble de carácter histórico mediante la consulta de las referencias bibliográficas sobre el lugar y consulta en archivos que puedan contener documentos referentes al enclave. Incluye memoria de los trabajos realizados, inventario de los materiales recuperados, documentación fotográfica y planimétrica. Por duplicado, siendo una copia para la entidad contratante y otra para el arqueólogo director de los trabajos. Informe técnico sobre patologías del edificio a rehabilitar, en estado de conservación deficiente, redactado con un nivel de especificación exhaustivo, considerando una distancia de desplazamiento al edificio de mayor de 100 km.</p>						1.00		
	Total cantidades alzadas						1.00	2,615.37	2,615.37
01.02	<p>Ud Ensayo de limpieza</p> <p>Limpieza general primaria en seco, de depósitos superficiales, polvo y detritus de fachada de fábrica de cantería, mediante la aplicación de depresión de aire con maquinaria adecuada, eliminando el polvo, y adheridos finos existentes (depósitos superficiales), revisión general de la fachada en sus salientes y voladizos, eliminando manualmente los cascotes y elementos disgregados existentes que pudieran desplomarse, aplicando el tratamiento por franjas horizontales completas, desde las partes superiores a las inferiores. y retirada de escombros y carga sobre camión para posterior transporte a vertedero. Se medirá la superficie ejecutada en proyección vertical sobre el plano del cuadro de cada fachada, deduciendo aquellas superficies de labra ornamental o figurativa que tienen tratamiento específico, dichas superficies deducibles quedan reseñadas como tantos fijos en la medición. Por tanto afectará a cualquier elemento de fachada no considerado como de tratamiento especial.</p>						1.00	8.59	8.59
	Total cantidades alzadas						1.00	8.59	8.59
01.03	<p>Ud Estudio tipo de mortero</p> <p>Mortero de cal y arena de río de dosificación 1/2 confeccionado con hormigonera de 250 l.. Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río de dosificación 1/3 con aditivo hidrófugo confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97. Mortero bastardo con cemento CEM II/B-P 32,5 N cal y arena de río de dosificación 1/1/4 confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97.</p>						0.10		
	Total cantidades alzadas						0.10	249.01	24.90
TOTAL CAPÍTULO 01 Actuaciones Previas									2,648.86

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Intervención Fachada									
02.01	M2 Limpieza previa	<p>Para la reparación del enlucido perdido la primer paso será la limpieza previa de la superficie soporte, mediante la aplicación con cepillo de líquido antisalitre; formación de juntas, rincones, maestras, aristas, mochetas, jambas y dinteles y remates en los encuentros con paramentos, revestimientos u otros elementos recibidos en su superficie. Se procederá a la ejecución de la capa base de mortero de albañilería, tipo GP CSIV W1, según UNE-EN 998-1, color blanco, compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, puzolanas, áridos seleccionados y otros aditivos, de 5 mm de espesor. El siguiente paso será la capa de regularización de mortero técnico de cal hidráulica natural NHL 3,5", tipo CR CSII W0, según UNE-EN 998-1, color blanco, compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, puzolanas, áridos seleccionados, fibras y aditivos, de 20 mm de espesor, aplicado en varias capas; Posteriormente una capa de acabado de mortero técnico de cal hidráulica natural, tipo CR CSIV, según UNE-EN 998-1, color blanco, compuesto por cal hidráulica natural NHL 3,5, según UNE-EN 459-1, áridos seleccionados y aditivos, terminado con frás de espuma o lana de plástico.</p>							
	Total cantidades alzadas						107.14		
							107.14	38.46	4,120.60
02.02	M Sifones Atmosféricos	<p>Higroconvectores de cerámica porosa para desecamiento de muros de 65 cm.de espesor (H50) método Knapen, formado por tubo de cerámica prismático, provisto de un canal interior estriado de 30 mm. de diámetro y 50 cm. de largo, alojado en alveolo realizado en sentido perpendicular empotrado en muro, colocado en perforaciones de 80 a 90 mm. de diámetro, relleno de perforaciones con sílice, provisto de rejillas triangulares o circulares de aleación zamak o nylon, acoplados con mortero de cemento, incluido ayudas de albañilería y ensayos. 3 unidades por m.</p>							
	Total cantidades alzadas						6.67		
							6.67	247.55	1,651.16
02.03	M2 Consolidación del sustrato	<p>Consolidación del sustrato del estuco craquelado, con barniz termoplástico adhesivo basado en solución acrílica de Paraloid B-72 (copolímero de los metacrilatos de metilo y etilo) disuelto en tolueno o cellosolve al 5% con grado de viscosidad 29 expresada en centipoises, aplicado mediante pincelado en varias capas o pulverizado una vez aplicado el consolidante se presionará con una torunda de algodón, eliminandose el exceso de fijador con una guata absorbente, considerando un grado de dificultad normal.</p>							
	Total cantidades alzadas						107.14		
							107.14	141.92	15,205.31
02.04	M2 Revestimientos	<p>Pintura mineral al silicato (disolución acuosa de silicato de sosa o potasa con pigmentos minerales resistentes a la alcalinidad y a la luz), especial para revestido de protección y decorativo en soportes antiguos, sobre paramentos verticales al interior con textura mineral, colores blancos. (Tendrá concedido DIT, donde se especifique: instrucciones de uso, proporción de la mezcla, permanencia válida de la mezcla, temperatura mínima de aplicación, tiempo de secado, rendimiento teórico en m2/l.) Comprendiendo: limpieza de la superficie eliminando adherencias e imperfecciones, mano de fondo recubrimiento grueso para manos de fondo, mano de base con ligante para pintura mineral, protección de las carpinterías a efectos de salpicaduras y manchas, 1 mano de acabado, con un rendimiento no menor del especificado por el fabricante, ejecutada según NTE-RPP-22.</p>							
	Total cantidades alzadas						107.14		
							107.14	11.37	1,218.18
TOTAL CAPÍTULO 02 Intervención Fachada.....									22,195.25

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 Medios Auxiliares									
03.01	M2 Alquiler andamio Alquiler mensual de andamio metálico tubular de acero de 3,25 mm. de espesor de pared, galvanizado en caliente, con doble barandilla quitamiedo de seguridad, rodapié perimetral, plataforma de acero y escalera de acceso tipo barco, incluso alquiler de malla protectora de seguridad. Según normativa CE. (Alquiler mínimo 45 días) (No se incluye montaje ni desmontaje).								
	Total cantidades alzadas						107.14		
							107.14	7.45	798.19
03.02	Ud Alquiler maquinillo Se usará un maquinillo para el tranposte de material en el andamio exterior.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	38.74	38.74
03.03	M2 Lámina de plástico Lámina de plástico de polietileno encargada de recubrir la zona donde se realicen las tareas de restauración.								
	Total cantidades alzadas						107.14		
							107.14	1.04	111.43
TOTAL CAPÍTULO 03 Medios Auxiliares.....									948.36

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 Control de Calidad									
04.01	Ud Ensayo								
	Ensayo para el control en la recepción de morteros diseñados con la comprobación del periodo de trabajabilidad, s/UNE-EN 1015-9, la consistencia, s/UNE-EN 1015-4, el contenido en cloruros, s/UNE-EN 1015-17, el contenido en aire, s/UNE-EN 1015-7 y la resistencia a compresión a 28 días, s/UNE-EN 1015-11; incluso emisión de acta de resultados.								
	Total cantidades alzadas						3.00		
							3.00	256.91	770.73
	TOTAL CAPÍTULO 04 Control de Calidad.....								770.73

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 Estudio de Seguridad y Salud									
05.01	Ud Montaje de vallas Incluye: Montaje de las vallas. Colocación de la malla. Montaje de las señales. Montaje y comprobación de las balizas. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	389.00	389.00
05.02	Ud Botiquín de emergencia Suministro y colocación de botiquín de urgencia en iglesia, provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, fijado al paramento con tornillos y tacos. Incluye: Replanteo en el paramento. Colocación y fijación mediante tornillos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	104.45	104.45
05.03	Ud EPI's EPI's para trabajadores de obra (casco, mascarilla, gafas protectoras, chaleco reflectante, botas de seguridad y protectores auditivos).								
	Total cantidades alzadas						3.00		
							3.00	94.56	283.68
TOTAL CAPÍTULO 05 Estudio de Seguridad y Salud.....									777.13

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 Gestión de Residuos									
06.01	Ud Recogida de escombros								
	Servicio de recogida de saco de escombros de 1 m3. de capacidad, colocado a pie de carga y considerando una distancia no superior a 10 km.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	171.03	171.03
	TOTAL CAPÍTULO 06 Gestión de Residuos.....								171.03
	TOTAL.....								27,511.36

RESUMEN (PRESUPUESTO)

CAPÍTULO	RESUMEN	PRES	%
PRESUPUESTOP			
01	Actuaciones Previas	2,648.86	9.63
02	Intervención Fachada.....	22,195.25	80.68
03	Medios Auxiliares.....	948.36	3.45
04	Control de Calidad.....	770.73	2.80
05	Estudio de Seguridad y Salud.....	777.13	2.82
06	Gestión de Residuos.....	171.03	0.62
TOTAL		27,511.36	100.00

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	Actuaciones Previas.....	2,648.86	9.63
02	Intervención Fachada.....	22,195.25	80.68
03	Medios Auxiliares.....	948.36	3.45
04	Control de Calidad.....	770.73	2.80
05	Estudio de Seguridad y Salud.....	777.13	2.82
06	Gestión de Residuos.....	171.03	0.62
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		27,511.36	
	13.00% Gastos generales.....	3,576.48	
	6.00% Beneficio industrial.....	1,650.68	
	SUMA DE G.G. y B.I.	5,227.16	
	16.00% I.V.A.....	5,238.16	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		37,976.68	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		37,976.68	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de TREINTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

, a 5 de julio de 2019.

El promotor

La dirección facultativa

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Actuaciones Previas									
01.01	Ud Informe técnico Informe técnico sobre los resultados obtenidos en los ensayos realizados por laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente en cubiertas de madera. Incluso desplazamiento a obra y recogida de datos. Incluye: Desplazamiento a obra. Recogida de datos. Realización del informe. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	186.57	186.57
	TOTAL CAPÍTULO 01 Actuaciones Previas								186.57

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Desmontaje de Cubierta									
02.01	<p>M2 Desmontaje de rastrelado</p> <p>Desmontaje de enrastrelado simple de madera, situado a menos de 20 m de altura en cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente media del 60% , con medios manuales, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje del elemento. Retirada y acopio del material desmontado. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material desmontado y restos de obra sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los elementos de fijación.</p>						70.35		
	Total cantidades alzadas						70.35	4.84	340.49
02.02	<p>M2 Desmontaje de tableros</p> <p>Desmontaje de tablero de madera, situado a menos de 20 m de altura, en cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente media del 30% , con medios manuales, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje del elemento. Retirada y acopio del material desmontado. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material desmontado y restos de obra sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los elementos de fijación.</p>						70.35		
	Total cantidades alzadas						70.35	2.60	182.91
02.03	<p>M2 Desmontaje de teja cerámica</p> <p>Desmontaje de cobertura de teja cerámica curva, colocada con mortero a menos de 20 m de altura, en cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente media del 60% ; con medios manuales y recuperación del 100% del material para su posterior ubicación en otro emplazamiento, siendo el orden de ejecución del proceso inverso al de su instalación, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje del elemento. Clasificación y etiquetado. Acopio de los materiales a reutilizar. Carga manual del material a reutilizar sobre camión. Retirada y acopio de los restos de obra. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los elementos de fijación, de los remates, de los canalones y de las bajantes.</p>						70.35		
	Total cantidades alzadas						70.35	26.33	1,852.32
02.04	<p>M2 Eliminación de mortero de cal</p> <p>Eliminación de capa de mortero de cal y cemento blanco de regularización y mallatex sobre paramento horizontal aplicado sobre paramento horizontal exterior de más de 3 m de altura, con medios manuales, sin deteriorar la superficie soporte, que quedará al descubierto y preparada para su posterior revestimiento, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Eliminación del revestimiento. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga de escombros sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.</p>						70.35		
	Total cantidades alzadas						70.35	16.38	1,152.33

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.05	<p>M Desmontaje de vigueta</p> <p>Desmontaje de vigueta de 8x14 cm de sección, de armadura de madera en cubierta, con medios manuales y motosierra, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje del elemento. Retirada y acopio del material desmontado. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los elementos de fijación.</p>								
	Total cantidades alzadas						125.25		
							125.25	67.16	8,411.79
	TOTAL CAPÍTULO 02 Desmontaje de Cubierta.....								11,939.84

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 Reconstrucción Cubierta									
03.01	M3 Vigüeta de madera	<p>Vigüeta de madera aserrada de pino laricio (Pinus nigra), acabado cepillado, de 7x14 a 9x18 cm de sección y hasta 5 m de longitud, para aplicaciones estructurales, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 (3 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1. Incluso cortes, entalladuras para su correcto acoplamiento, nivelación y colocación de los elementos de atado y refuerzo. Trabajada en taller y colocada en obra. Incluye: Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de la vigüeta. Colocación y fijación provisional de la vigüeta. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido según documentación gráfica de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrias rectangulares o cuadradas, y la longitud incluyendo las entregas.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrias rectangulares o cuadradas, incluyendo en la longitud las entregas. Se consideran incluidos todos los elementos integrantes de la estructura señalados en los planos y detalles del Proyecto.</p>							
	Total cantidades alzadas						1.40		
							1.40	775.46	1,085.64
03.02	Ud Rastrel de madera de pino	<p>Total cantidades alzadas</p>							
	Total cantidades alzadas						300.00		
							300.00	0.45	135.00
03.03	M2 Aislamiento térmico	<p>Aislamiento térmico por el exterior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, con panel, Rockwood abeto natural "ROCKWOOL", compuesto de: cara superior de tablero de aglomerado hidrófugo de 16 mm de espesor, núcleo aislante de lana de roca de 50 mm de espesor, cara inferior de friso de abeto natural y lengüeta de DM para ensamblado de paneles, colocado a tope y fijado mecánicamente sobre entramado estructural. Incluso tirafondos para fijación sobre soporte de madera; banda impermeabilizante autoadhesiva para impermeabilización y sellado de juntas.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>							
	Total cantidades alzadas						70.35		
							70.35	76.56	5,386.00
03.04	Ud Apoyo elastómero	<p>Apoyo elastomérico sin armar, rectangular, sobre base de nivelación (no incluida en este precio), de neopreno, de 200x200 mm de sección y 30 mm de espesor, tipo F, según UNE-EN 1337-3, para apoyos estructurales elásticos. Incluso replanteo de ejes. Incluye: Replanteo de ejes. Colocación de los apoyos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>							
	Total cantidades alzadas						70.00		
							70.00	16.01	1,120.70
03.05	M3 Apertura de huecos	<p>Apertura de hueco en muro de mampostería, con medios manuales, sin afectar a la estabilidad del muro, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Replanteo del hueco en el paramento. Corte previo del contorno del hueco. Demolición del elemento. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen realmente demolido según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el corte previo del contorno del hueco, pero no incluye el montaje y desmontaje del apeo del hueco ni la colocación de dinteles.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>							
	Total cantidades alzadas						0.11		
							0.11	120.78	13.29

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.06	M2 Imprimación Aplicación manual de imprimación activa de dos componentes a base de resina epoxi, de color rojo, con 1 kg/m2 de consumo medio, en muro existente de mampostería, para conexión viguetas. Total cantidades alzadas						1.05		
							1.05	11.54	12.12
03.07	M3 Replanteo Incluye: Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de la vigueta. Colocación y fijación provisional de la vigueta. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido según documentación gráfica de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, y la longitud incluyendo las entregas. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, incluyendo en la longitud las entregas. Se consideran incluidos todos los elementos integrantes de la estructura señalados en los planos y detalles del Proyecto. Total cantidades alzadas						1.40		
							1.40	227.54	318.56
03.08	M3 Mortero de cemento Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río de dosificación 1/4 con aditivo hidrófugo confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97. Se dispondrá una capa regular de mortero hidrófugo sobre las baldosas, para mejor la protección de estas. Total cantidades alzadas						2.38		
							2.38	83.05	197.66
03.09	M3 Mortero de cemento Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río de dosificación 1/3 con aditivo hidrófugo confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97. Para el recibimiento de las baldosas cerámicas se dispondrá una capa de mortero de hidrófugo 0.01m, sobre la cara superior de la viguetas, que servirá de a fijación Total cantidades alzadas						0.21		
							0.21	91.80	19.28
	TOTAL CAPÍTULO 03 Reconstrucción Cubierta.....								8,288.25

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 Medios Auxiliares									
04.01	M2 Andamio metálico tubular								
	Alquiler mensual, montaje y desmontaje de andamio metálico tubular de acero de 3,25 mm. de espesor de pared, galvanizado en caliente, con doble barandilla quitamiedo de seguridad, rodapié perimetral, plataformas de acero y escalera de acceso tipo barco, para alturas entre 12 y 15 m., incluso p.p. de arriostramientos a fachadas y colocación de mallas protectoras, y p.p. de medios auxiliares y trabajos previos de limpieza para apoyos. Según normativa CE.								
	Total cantidades alzadas						160.31		
							160.31	22.40	3,590.94
04.02	Ud Maquinillo								
	Se usará un maquinillo para el tranposte de material en el andamio exterior								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	11,693.46	11,693.46
04.03	M2 Lámina de plástico								
	Lámina de plástico de polietileno encargada de recubrir la zona donde se realicen las tareas de restauración								
	Total cantidades alzadas						170.00		
							170.00	1.04	176.80
04.04	M Bajante de escombros								
	Suministro, montaje y desmontaje de bajante para vertido de escombros, compuesta por 5 tubos y 1 embocadura de polietileno, de 49 cm de diámetro superior y 40 cm de diámetro inferior, con soportes y cadenas metálicas, por cada planta de entre 4 y 5 m de altura libre, amortizable en 5 usos, fijada al forjado mediante puntales metálicos telescópicos, accesorios y elementos de sujeción, amortizables en 5 usos.								
	Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente montada según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total cantidades alzadas						9.00		
							9.00	16.44	147.96
04.05	Ud Toldo plastificado								
	Suministro, montaje y desmontaje de toldo plastificado para pie de bajante de escombros, para cubrición de contenedor, amortizable en 5 usos, que impide tanto la emisión del polvo generado por la salida de escombros como el depósito en el contenedor de otros residuos ajenos a la obra.								
	Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	38.48	38.48
TOTAL CAPÍTULO 04 Medios Auxiliares.....									15,647.64

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 Control de Calidad									
05.01	Ud Ensayos Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de mortero fresco, tomada en obra según UNE-EN 1015-2, para la determinación de las siguientes características: consistencia según UNE-EN 1015-3. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados. Criterio de medición de proyecto: Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.								
	Total cantidades alzadas						1.00		
							1.00	206.16	206.16
	TOTAL CAPÍTULO 05 Control de Calidad.....								206.16

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 Seguridad y Salud									
06.01	<p>Ud Montaje de vallas</p> <p>Incluye: Montaje de las vallas. Colocación de la malla. Montaje de las señales. Montaje y comprobación de las balizas. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						1.00		
							1.00	421.30	421.30
06.02	<p>Ud Botiquín de emergencia</p> <p>Suministro y colocación de botiquín de urgencia en iglesia, provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un tomiquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, fijado al paramento con tornillos y tacos.</p> <p>Incluye: Replanteo en el paramento. Colocación y fijación mediante tornillos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						1.00		
							1.00	104.45	104.45
06.03	<p>Ud EPI's</p> <p>EPI's para trabajadores de obra (casco, mascarilla, gafas protectoras, chaleco reflectante, botas de seguridad y protectores auditivos).</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						5.00		
							5.00	94.56	472.80
06.04	<p>Ud Línea de anclaje horizontal</p> <p>Suministro e instalación de línea de anclaje horizontal permanente, de cable de acero, con amortiguador de caídas, de 25 m de longitud, clase C, compuesta por 1 anclaje terminal de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster; 1 anclaje terminal con amortiguador de acero inoxidable AISI 316, acabado brillante; 1 anclaje intermedio de aleación de aluminio L-2653 con tratamiento térmico T6, acabado con pintura epoxi-poliéster; cable flexible de acero galvanizado, de 10 mm de diámetro, compuesto por 7 cordones de 19 hilos; tensor de caja abierta, con ojo en un extremo y horquilla en el extremo opuesto; conjunto de un sujetacables y un terminal manual; protector para cabo; placa de señalización y conjunto de dos precintos de seguridad. Incluso fijaciones para la sujeción de los componentes de la línea de anclaje al soporte.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						1.00		
							1.00	348.72	348.72
06.05	<p>M2 Red de seguridad fija</p> <p>Sistema S de red de seguridad fija, colocada horizontalmente en estructuras formado por: red de seguridad UNE-EN 1263-1 S A2 M100 D M, de poliamida de alta tenacidad, anudada, de color blanco, para cubrir huecos horizontales de superficie comprendida entre 35 y 250 m2. Incluso cuerda de unión de polipropileno, para unir las redes y cuerda de atado de polipropileno, para atar la cuerda perimetral de las redes a un soporte adecuado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente montada según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						170.00		
							170.00	12.62	2,145.40
TOTAL CAPÍTULO 06 Seguridad y Salud.....									3,492.67

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 07 Gestión de Residuos									
07.01	<p>Ud Recogida de saco de escombros</p> <p>Servicio de recogida de saco de escombros de 1 m3. de capacidad, colocado a pie de carga y considerando una distancia no superior a 10 km.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						5.00		
							5.00	70.71	353.55
07.02	<p>Ud Bidón de 60 litros</p> <p>Suministro y ubicación en obra de bidón de 60 litros de capacidad para residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición, apto para almacenar residuos del decapado o eliminación de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas. Incluso marcado del recipiente con la etiqueta correspondiente. Incluye: Suministro y ubicación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						2.00		
							2.00	43.73	87.46
07.03	<p>Ud Bidón de 200 litros</p> <p>Suministro y ubicación en obra de bidón de 200 litros de capacidad para residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición, apto para almacenar tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas. Incluso marcado del recipiente con la etiqueta correspondiente. Incluye: Suministro y ubicación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						3.00		
							3.00	64.75	194.25
07.04	<p>Ud Transporte de residuos</p> <p>Transporte de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 3,5 m3, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor. Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p> <p>Total cantidades alzadas</p>						2.00		
							2.00	64.19	128.38
07.05	<p>Ud Transporte de residuos</p> <p>Transporte de residuos inertes de madera producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 3,5 m3, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor. Incluye: Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>								

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Total cantidades alzadas						2.00		
							2.00	104.33	208.66
	TOTAL CAPÍTULO 07 Gestión de Residuos.....								972.30
	TOTAL.....								40,733.43

RESUMEN (PRESUPUESTO)

CAPÍTULO	RESUMEN	PRES	%
PRESUPUESTOV			
01	Actuaciones Previas	186.57	0.46
02	Desmontaje de Cubierta.....	11,939.84	29.31
03	Reconstrucción Cubierta.....	8,288.25	20.35
04	Medios Auxiliares.....	15,647.64	38.41
05	Control de Calidad.....	206.16	0.51
06	Seguridad y Salud.....	3,492.67	8.57
07	Gestión de Residuos.....	972.30	2.39
TOTAL		40,733.43	100.00

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	Actuaciones Previas.....	186.57	0.46
02	Desmontaje de Cubierta.....	11,939.84	29.31
03	Reconstrucción Cubierta.....	8,288.25	20.35
04	Medios Auxiliares.....	15,647.64	38.41
05	Control de Calidad.....	206.16	0.51
06	Seguridad y Salud.....	3,492.67	8.57
07	Gestión de Residuos.....	972.30	2.39
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	40,733.43	
	13.00% Gastos generales.....	5,295.35	
	6.00% Beneficio industrial.....	2,444.01	
	SUMA DE G.G. y B.I.	7,739.36	
	16.00% I.V.A.....	7,755.65	
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	56,228.44	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	56,228.44	

Asciede el presupuesto a la expresada cantidad de CINCUENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS VEINTIOCHO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

, a 5 de julio de 2019.

El promotor

La dirección facultativa