

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

ESTUDIOS PREVIOS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR DE BORBOTÓ

Proyecto de Fin de Grado, junio de 2012

ALUMNO: Agustín Soriano Caballer

DIRIGIDO POR: Juan Bautista Aznar Molla

María Dolores Marcos Martínez

ÍNDICE

I. JUSTIFICACIÓN	4		
II. OBJETIVOS	4		
III. DESARROLLO DEL PROYECTO DE FIN DE GRADO	5		
1 INTRODUCCIÓN AL EDIFICIO	5		
1.1 DATACIÓN DEL EDIFICIO	5		
1.1.1 INVESTIGACIÓN HISTÓRICA	5		
1.1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	5		
1.2 ESTUDIO DEL ENTORNO	6		
2 ESTUDIO ARQUITECTÓNICO DEL EDIFICIO	8		
2.1 LEVANTAMIENTO GRÁFICO DEL EDIFICIO	8		
2.2 DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA	21		
3 ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO	34		
3.1 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	35		
3.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	37		
4 ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS	40		
4.1 REGISTRO DE DETECCIÓN DE LAS HUMEDADES CAPILARES	40		
4.2 REGISTRO DE DETECCIÓN DE LA ESTRUCTURA HORIZONTAL DE MADERA	41		
4.3 EVALUACIÓN Y TESTEO	42		
		4.3.1 HUMEDADES	42
		4.3.1.1 CÁMARA TERMOGRÁFICA	44
		4.3.1.2 EJECUCIÓN DEL MAPEO DE HUMEDADES	47
		4.3.2 INSECTOS XILÓFAGOS	51
		4.4 INTERPRETACIÓN DE DAÑOS	71
		4.4.1 MAPEO DE HUMEDADES	71
		4.4.2 MAPEO RETICULITERMES LICIFUGUS ROSSI	84
		4.4.3 MAPEO HYLOTRUPES BAJULUS	85
		4.4.4 MAPEO ANOBIUM PUNCTATUM	86
		4.4.5 MAPEO GRIETAS	87
		4.5 CONCLUSIÓN	88
		5 SOLUCIONES PROPUESTAS	90
		ANEXOS	
		ANEXO I. HUMEDADES CAPILARES	110
		A I.I CAPILARIDAD, DIFUSIÓN DE AGUA EN LOS MATERIALES	110
		A I.II PRECIPITACIÓN DE SALES (EFLORESCENCIAS Y SUBEFLORESCENCIAS)	111

ANEXO II. INSECTOS XILÓFAGOS	114
A II.I <i>RETICULITERMES LUCÍFUGUS ROSSI</i> (TERMITAS)	114
A II.II <i>HYLOTRUPES BAJULUS</i> (CARCOMA GRANDE)	114
A II.III <i>ANOBIUM PUNCTATUM</i> (CARCOMA COMÚN)	115
ANEXO III. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE HUMEDAD	116
A III. I PROTIMETER MINI (HUMIDÍMETRO)	116
A III. II TERMOHIGRÓMETRO DIAGNOSTIC. PROTIMER MOD. IV	116
III. CONCLUSIONES	117
IV. BIBLIOGRAFÍA	119

I. JUSTIFICACIÓN

El Proyecto Final de Grado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación es una asignatura obligatoria que se imparte en el octavo semestre con una asignación docente de 12 créditos ECTS equivalentes a 360 horas de trabajo del alumno (120 horas de trabajo presencial en aula y 180 horas de trabajo autónomo del alumno), estructurado en Talleres Disciplinarios en 3 Modalidades (Convenio con empresa, Científico-Técnico e Intercambio académico).

El presente Proyecto se realiza en la modalidad Científico-Técnico, desarrollado en el **Taller 41: Procedimientos de Caracterización de Materiales en Restauración Arquitectónica**, dentro del área temática de **Tecnología y Caracterización de los Materiales**.

II. OBJETIVOS

El desarrollo del presente Proyecto de Final de Grado tiene como objetivo la realización de un trabajo académico que permita unificar los contenidos estudiados en el transcurso del Grado en Ingeniería de Edificación que imparte la Universidad Politécnica de Valencia.

El trabajo académico se centra en la rama de la restauración de edificios, dentro del campo de la edificación. Se pretende realizar un trabajo que permita el desarrollo de los Estudios Previos necesarios para intervenir en un edificio existente, aplicando los conocimientos adquiridos y complementándolos ejecutando el trabajo de campo necesario para tal fin, compartiendo la experiencia obtenida en el desarrollo del mismo e ilustrando todos los procesos para su seguimiento.

La motivación personal que me impulsa a la realización del presente trabajo toma como punto de partida la idea principal de rehabilitar una vivienda tradicional valenciana de forma íntegra, es decir, mediante la realización de un estudio tanto de los sistemas constructivos, como de los materiales utilizados para el conocimiento previo de las posibles deficiencias de salubridad y comodidad de las que podría carecer la vivienda objeto de estudio. Asimismo, a través del presente trabajo se han intentado aportar las soluciones constructivas a la edificación estudiada con el fin de subsanar las patologías

existentes para de este modo aproximarla a las exigencias energéticas actuales y acercarla, en la medida de lo posible, a una arquitectura más sostenible y eficiente.

La finalidad que intento alcanzar en el presente proyecto es encaminar el futuro profesional en la última etapa de mi formación académica, ya que mis expectativas de futuro son emprender una forma de construir que garantice la calidad de vida de los habitantes de las viviendas intervenidas, asegurando la sostenibilidad con el medio ambiente y el entorno del proceso y materiales utilizados para tal fin, con la máxima calidad y garantía de las soluciones adoptadas desde mi humilde conocimiento.

ÍNDICE DE OBJETIVOS:

- Realización de la investigación histórica del edificio así como del estudio del entorno, para una mayor comprensión de las causas que generan el deterioro y los problemas del mismo, con la finalidad de proponer las mejores soluciones acordes a las condiciones del emplazamiento del edificio.
- Análisis de los materiales y sistemas constructivos, para un mayor conocimiento de los mismos, con la intención de adquirir una visión representativa en la construcción de viviendas tradicionales de la zona.
- Estudio pormenorizado de las patologías de toda la vivienda, mediante la realización de un análisis de las causas que generan el deterioro de las viviendas tradicionales y a través de la ejecución del trabajo de campo pertinente para la evaluación y determinación de los daños ocasionados.
- Elaboración de trabajos que permitan la caracterización de los materiales del edificio, para detallar las patologías a través del comportamiento de los materiales con la ejecución de ensayos de laboratorio, adquiriendo una experiencia científica que permita profundizar en el conocimiento de las patologías.
- Dar solución a las patologías a través de detalles constructivos de los elementos perjudicados, acercando así las soluciones a la realidad y proponiendo materiales y productos de mercado específicos para cada una de las soluciones indicando el orden de intervención y describiendo los procesos propuestos.

III. DESARROLLO DEL PROYECTO DE FIN DE GRADO

1 INTRODUCCIÓN AL EDIFICIO

1.1 DATACIÓN DEL EDIFICIO

1.1.1 INVESTIGACIÓN HISTÓRICA

Borbotó es una de las pedanías de los denominados *Pobles de l'Horta Nord*, en la provincia de Valencia. Tiene orígenes musulmanes, como la mayoría de los pueblos de la comarca. Fue conquistada por el rey *Jaume I* en 1238, quien la donó con el nombre de *Borbatur* a *Guillem de Çaportella*. Este señor primero de Borbotó, pronto cedió sus recientes adquisiciones a la poderosa Orden del Temple (12 de noviembre de 1238). Los caballeros templarios, personificados en *Fra Gerardus de Alantorn*, otorgaron la Carta de Población a unas familias cristianas venidas del norte (30 de agosto de 1265).

Pasado el tiempo, la Orden del Temple fue disuelta y sus posesiones en el Reino de Valencia se transfirieron a la Orden de Montesa, la cual se hizo cargo del Señorío de Borbotó (1312). En este momento el pueblo pertenece a la *Batlia de Moncada*, quedando la jurisdicción civil y criminal al maestro de Montesa. Así fue hasta principios del siglo XIX, en el 1812, donde las Cortes Liberales abolieron el régimen señorial. En este momento el pueblo contaba con un centenar de casas y dos colegios en los que se repartían 60 alumnos.

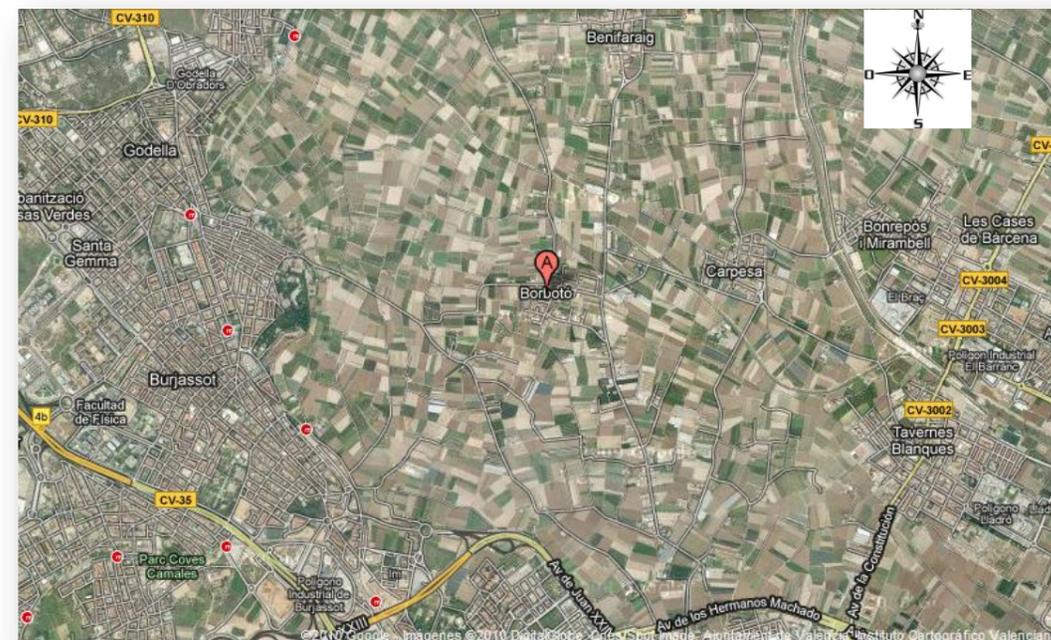
El 12 de diciembre de 1888, previa petición de los vecinos, Borbotó pasaba definitivamente a formar parte de la ciudad de Valencia.

En el transcurso histórico del pueblo de Borbotó queda evidenciada la forma de vida basando su actividad en el cultivo de sus fértiles tierras que, hasta la fecha, aún siguen explotándose conservando las tradiciones hortícolas adaptadas a las nuevas tecnologías.

1.1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El edificio objeto de estudio es una vivienda plurifamiliar adosada cuyo uso es residencial. Está compuesta por dos viviendas, la primera en Planta Baja y la siguiente ocupa la Planta Primera y Planta Segunda, a partir de ahora denominada *Planta Cambra*. Están situadas en la calle Dr. Constantino Gómez n.º 29, en la localidad de Borbotó (Valencia). Esta pedanía limita al oeste con Burjassot y Godella, al este con Carpesa, al norte con Masarrotjos, Montcada y Benifaraig y al sur con Poble Nou y Valencia.

SITUACIÓN:



(Imagen extraída de Google Earth)

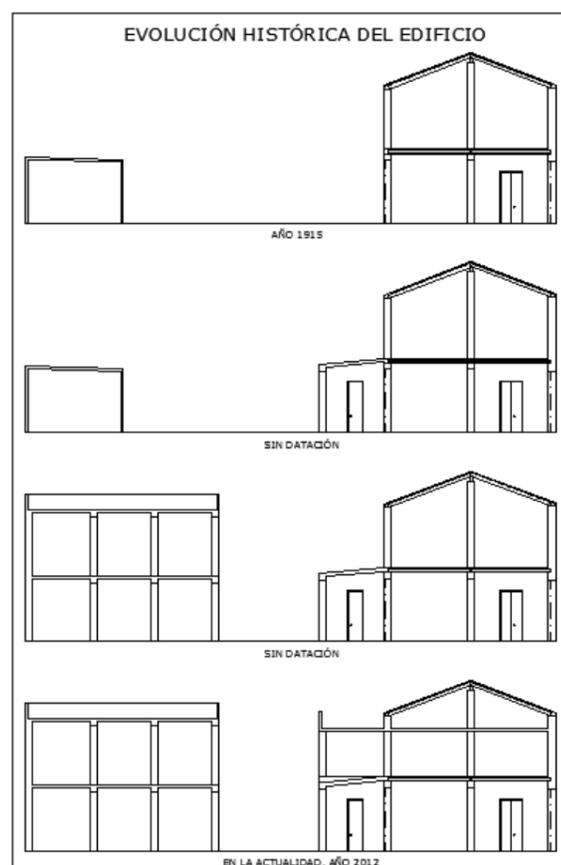
EMPLAZAMIENTO:



(Imagen extraída de Google Earth)

1.2 ESTUDIO DEL ENTORNO

La edificación corresponde a la tipología de vivienda tradicional de la zona. Construida a principios del siglo xx, en 1915, la casa se levanta sobre un antiguo campo de huerta, muestra de ello es la acequia de regadío existente en el frente de la fachada principal y otra en la posterior, ambas paralelas a los frentes de fachada que, aunque tapadas para permitir el tránsito rodado, siguen sirviendo agua a las redes de regadío cercanas.



La vivienda se edificó por la autoconstrucción de los propietarios del solar, con la ayuda de los vecinos, familiares y un albañil con experiencia de la zona, por lo que no intervino ningún técnico en materia de construcción y fue en la construcción y arquitectura rural tradicional en la que se basaron los propietarios para hacer, de un campo de huerta, su morada.

A la vivienda se accedía a través de una pasarela que cruzaba la acequia en la fachada principal y que comunicaba con la parte posterior; la fachada posterior no tenía acceso desde el exterior. El edificio se construyó para uso residencial y rural, porque además de servir de vivienda, también se utilizaba para el resguardo de los animales utilizados en la labor agrícola. Por ello, la distribución de las viviendas de la misma zona responde a una estructura muy similar, denominada comúnmente *casa a dos mans*, que obedece a la siguiente descripción: entrada amplia conectada con la parte trasera (corral) para el paso de carruajes, habitaciones y salón-comedor a los laterales de este pasillo central, dejando en la parte exterior el baño y destinando la *cambrá* para el secado de los productos hortícolas de temporada.

Cabe destacar algunos datos que podrían ser relevantes para la realización de este proyecto:

- La vivienda está construida directamente sobre el terreno, sin tratamiento antihumedades capilares.
- Al ser una zona de huerta, el grado de humedad del suelo es elevado, además de estar contaminado por productos utilizados en los cultivos (abonos).
- Actualmente sigue existiendo una zona de cultivo que cubre toda la parte norte de la manzana.
- En el patio interior de la vivienda existió un aljibe que recogía el agua de la lluvia para el posterior consumo animal o humano, además de ubicarse el *comú*, que era una fosa séptica construida *in situ* de la que se aprovechaban las aguas fecales para reutilizarlas como fertilizante de las tierras de cultivo.
- La vivienda está ubicada en una zona cercana a un marjal.
- Algunas de las viviendas colindantes poseen patios interiores en los que tienen o han tenido árboles, en nuestra vivienda conocemos de la existencia de una parra, cuyo tocón quedó enterrado, siendo esto relevante por la tendencia de las termitas a situar su termitero en ellos.
- Como hemos mencionado anteriormente, existen acequias de regadío tanto en la parte de la fachada principal como en la parte trasera, cuyas posibles fugas favorecen el alto grado de humedad en la vivienda.



En la imagen tomada de Google Earth vemos la manzana en la que está embebida la vivienda que vamos a estudiar. Las edificaciones inscritas en verde presentan en la fachada válvulas de tratamiento antixilófagos. La vivienda inscrita en rojo también presenta estas válvulas, pero en este caso la estructura de la casa ha sido rehabilitada totalmente por destrucción completa de los elementos estructurales de madera. La vivienda inscrita en azul, es el objeto de nuestro estudio.

Debemos tener en cuenta los parámetros urbanísticos para el estudio del edificio, ya que la fachada principal está protegida y es por ello que debemos mantener el estado que presenta en las posibles intervenciones.

INFORME DE CIRCUNSTANCIAS URBANÍSTICAS

AJUNTAMENT DE VALÈNCIA
Àrea de Urbanisme, Vivienda y Calidad Urbana
Servicio de Planeamiento

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

PARTICIÓN URBANÍSTICA:

Superficie (m²)	Número de bloques	Sistema	Superficie (m²)	Parcela Serie C
2.296,21	1		2.296,21	11

INFORMACIÓN URBANÍSTICA:

DOCUMENTO URBANÍSTICO:

BOE 14/01/1989 - DOGV 03/05/1993 (R11588) - XXX

CLASIFICACIÓN:

OU Grupo Urbano

CALIFICACIÓN:

(NH7-B) Nucleo Histórico Tradicional Residencial Pluri. Unifamiliar

USOS:

Residencial Unifamiliar

CONDICIONES DE PARCELA:

Alcance mín. de fachada: m. Dirección:

CONDICIONES DE VOLUMEN:

Alcance mín. de fachada: m. Dirección:

CUERPOS Y ELEMENTOS SALIENTES:

APARCAMIENTOS:

OBSERVACIONES:

Fecha Emisión: 19 de abril de 2012. Página: 1/1

Esta información, sólo válida para la parcela requerida, es copia fiel de la Base de Datos Cartográfica Municipal, en la fecha de su emisión, y no tiene carácter vinculante para la Administración, salvo que fuese debidamente certificada.

2 ESTUDIO ARQUITECTÓNICO DEL EDIFICIO

2.1 LEVANTAMIENTO GRÁFICO DEL EDIFICIO

El índice de planos es el siguiente:

- PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA BAJA.
- PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PRIMERA.
- PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA *CAMBRA*.
- PLANO DE CUBIERTAS.
- ALZADO DE FACHADA PRINCIPAL.
- PLANO DE COTAS DE PLANTA BAJA.
- PLANO DE COTAS DE PLANTA PRIMERA.
- PLANO DE COTAS DE PLANTA *CAMBRA*.
- PLANO DE ESTRUCTURA DE PLANTA BAJA.
- PLANO DE ESTRUCTURA DE PLANTA PRIMERA.
- PLANO DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA.
- SECCIÓN LONGITUDINAL.

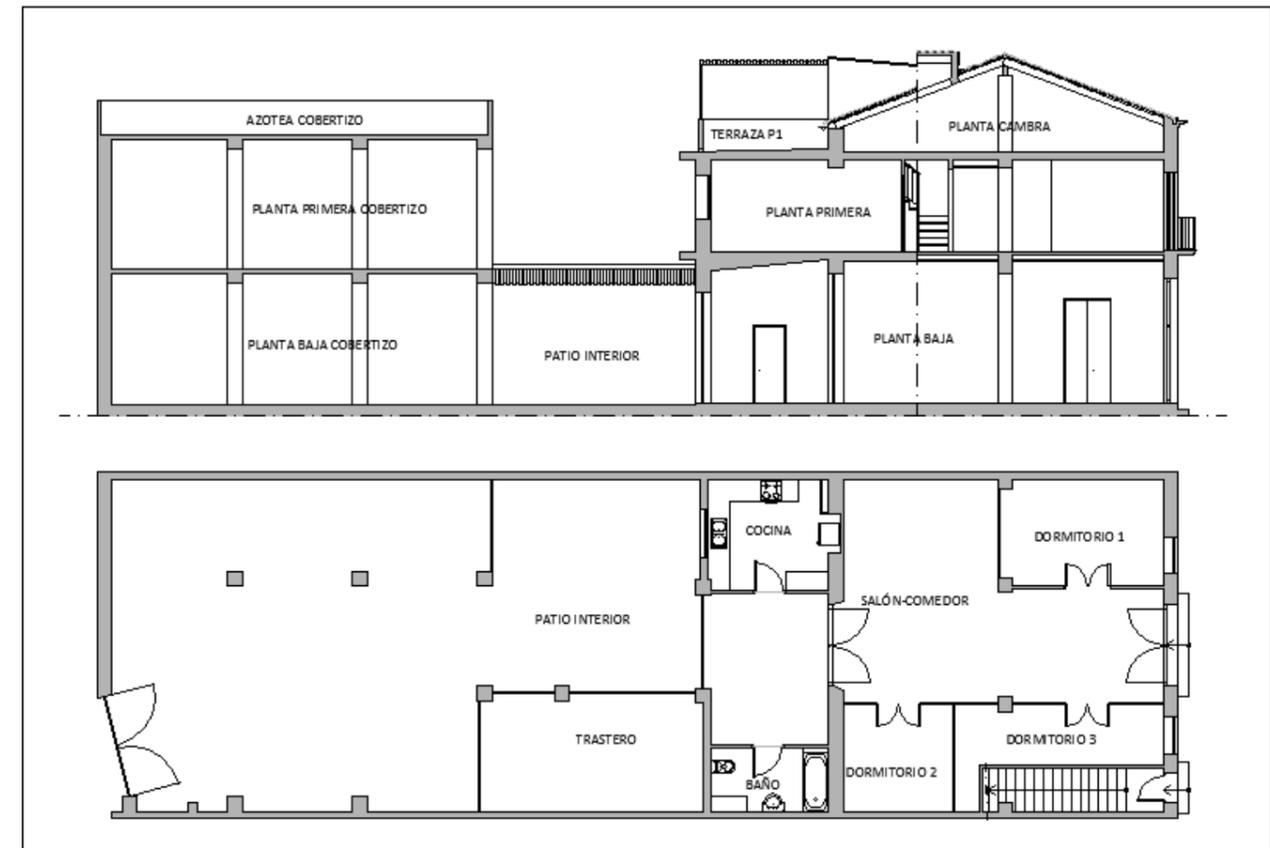
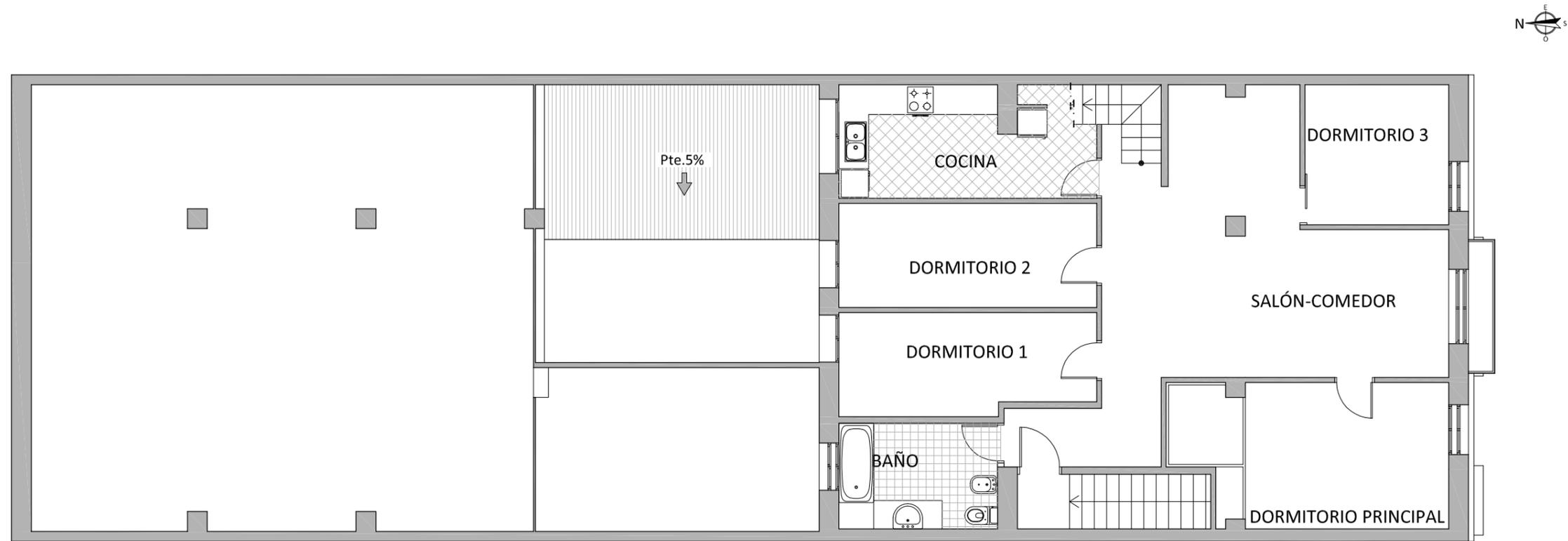


Imagen 1.1 Esquema general de distribución de la vivienda



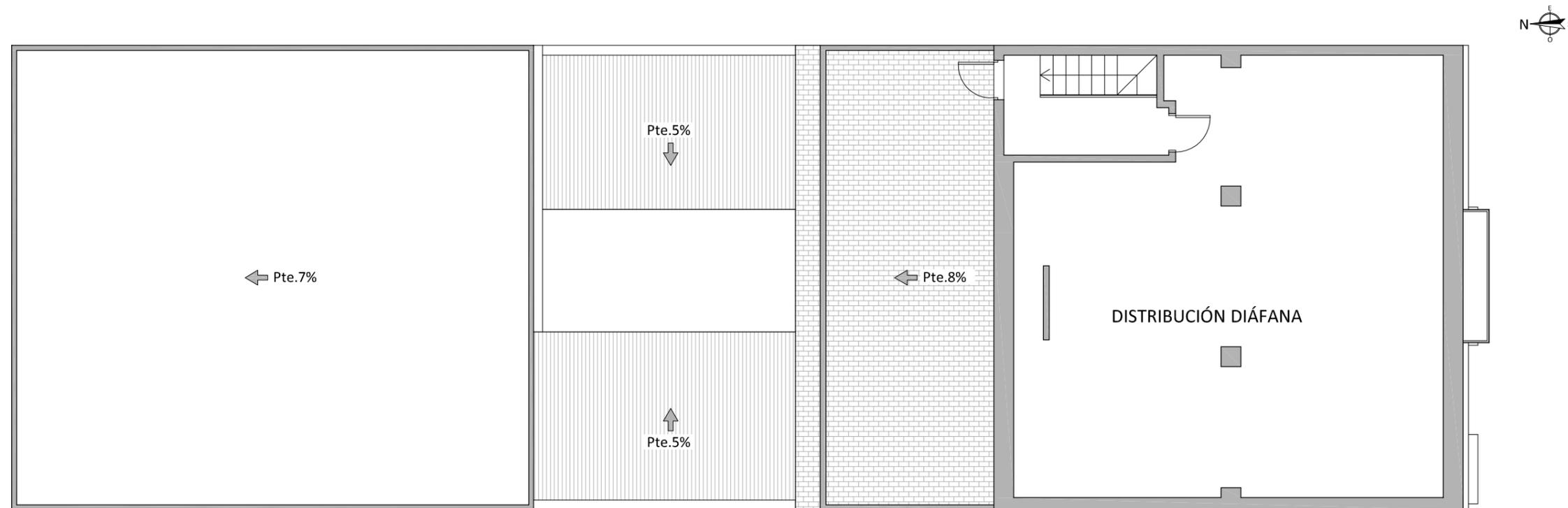
DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA

E: 1/100



DISTRIBUCIÓN PLANTA PRIMERA

E: 1/100



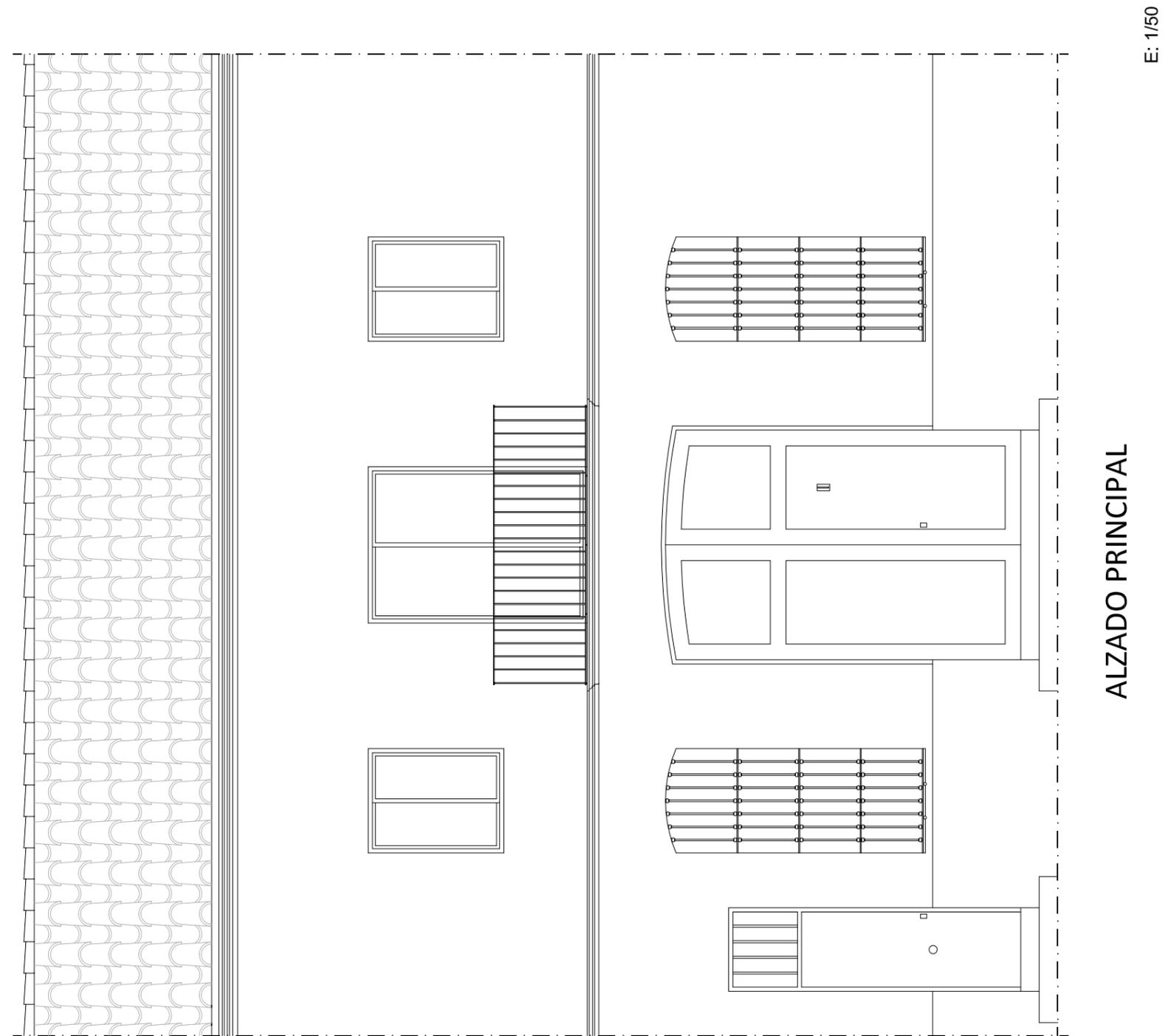
DISTRIBUCIÓN PLANTA CAMBRA

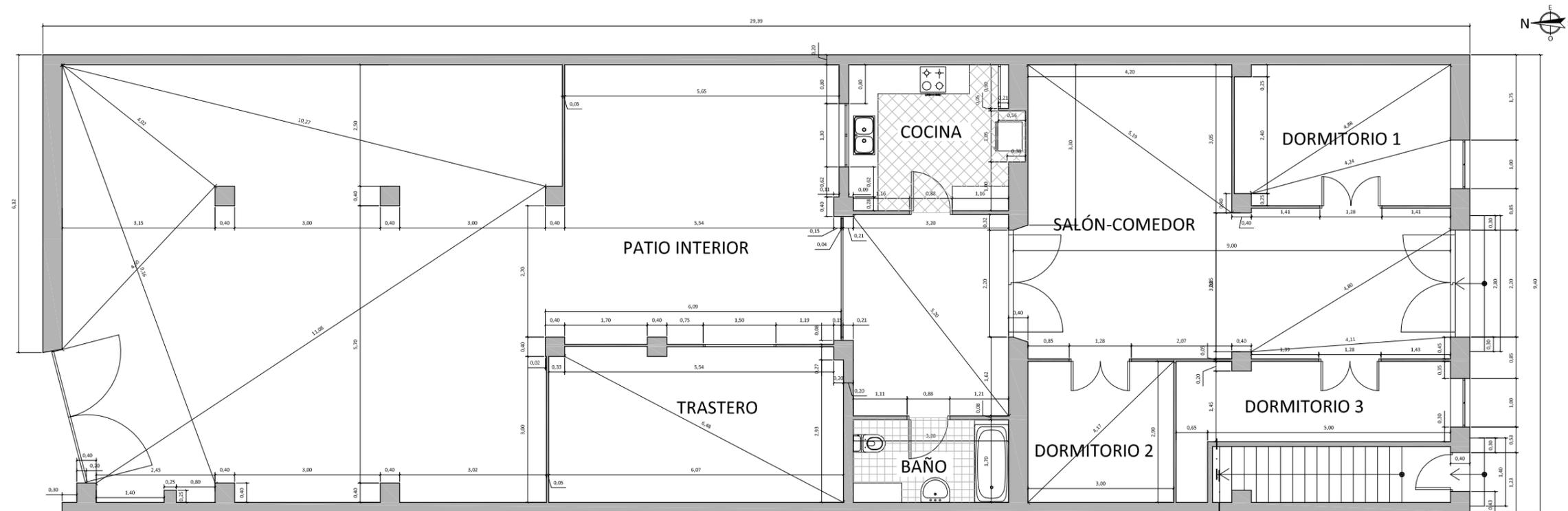
E: 1/100



PLANTA CUBIERTAS

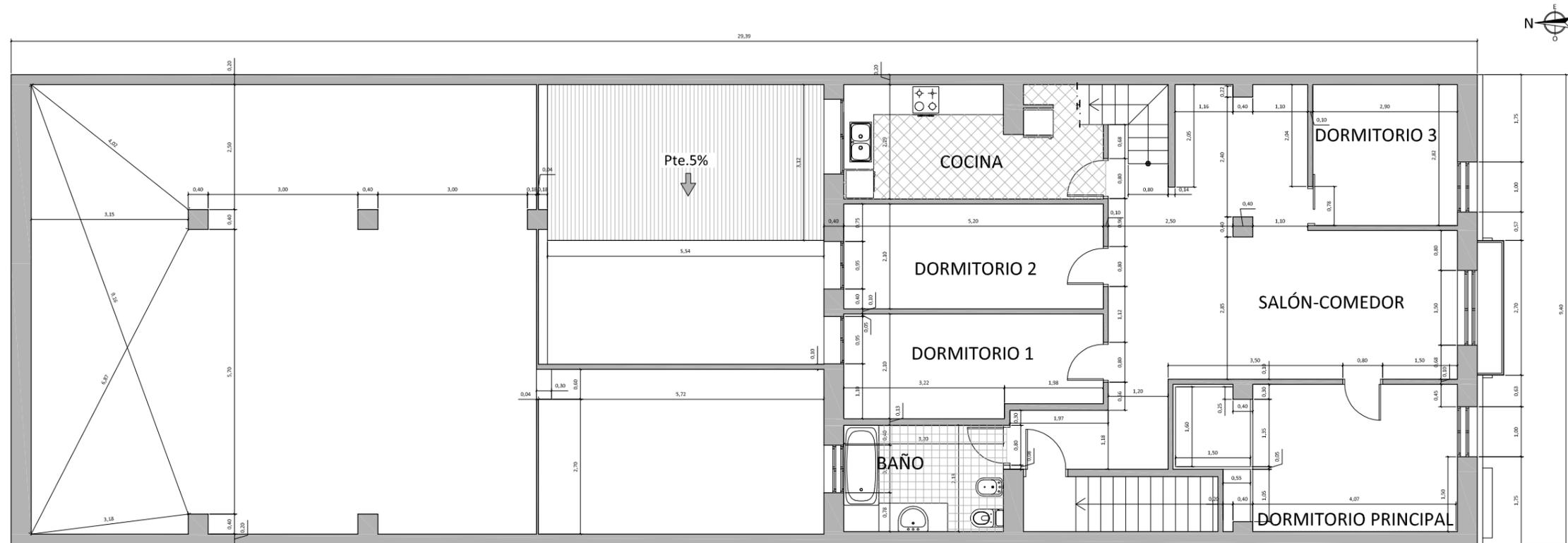
E: 1/100





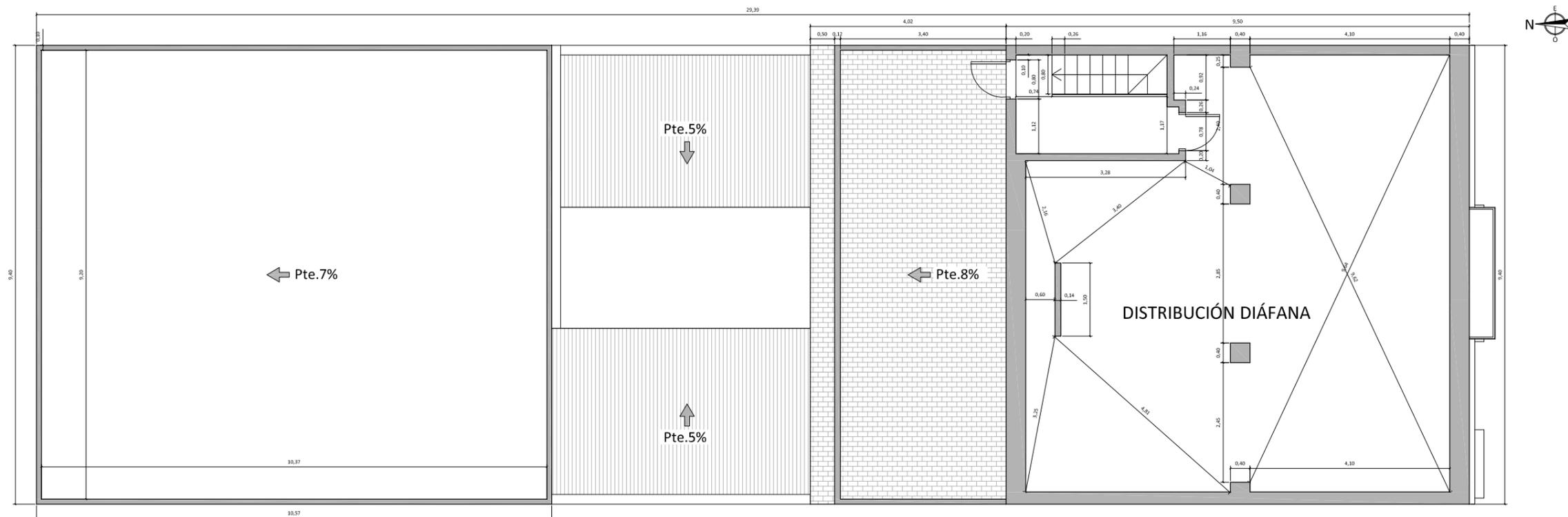
COTAS PLANTA BAJA

E: 1/100



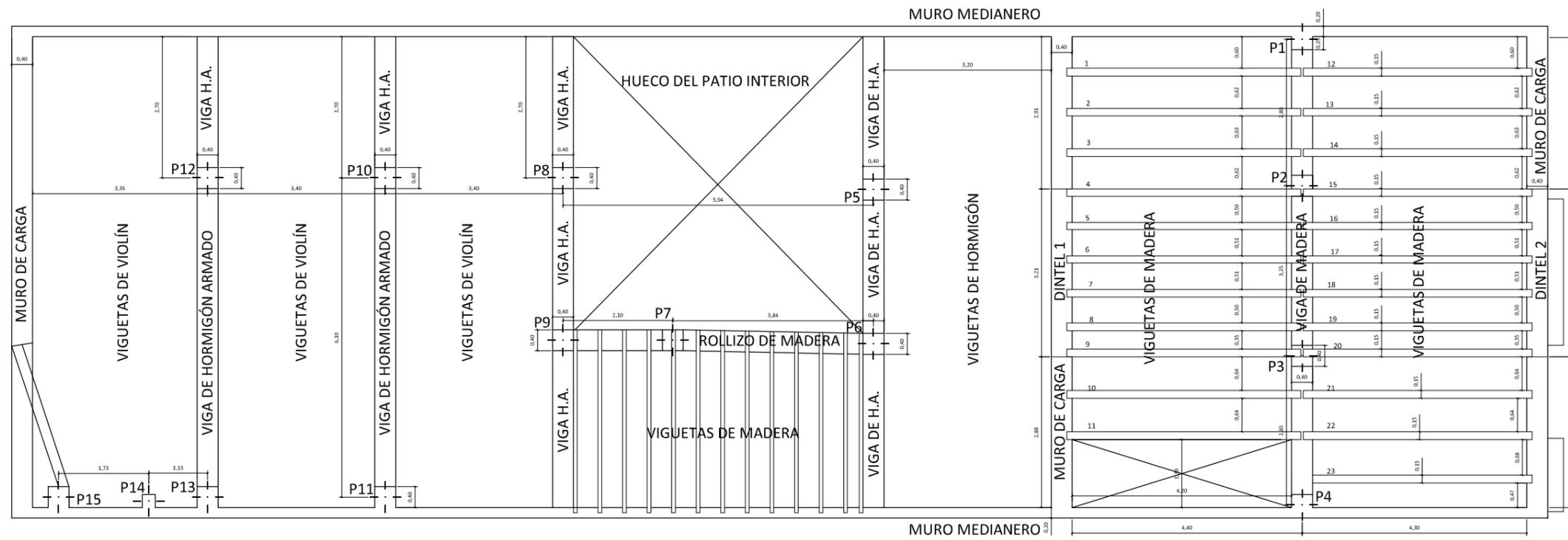
COTAS PLANTA PRIMERA

E: 1/100



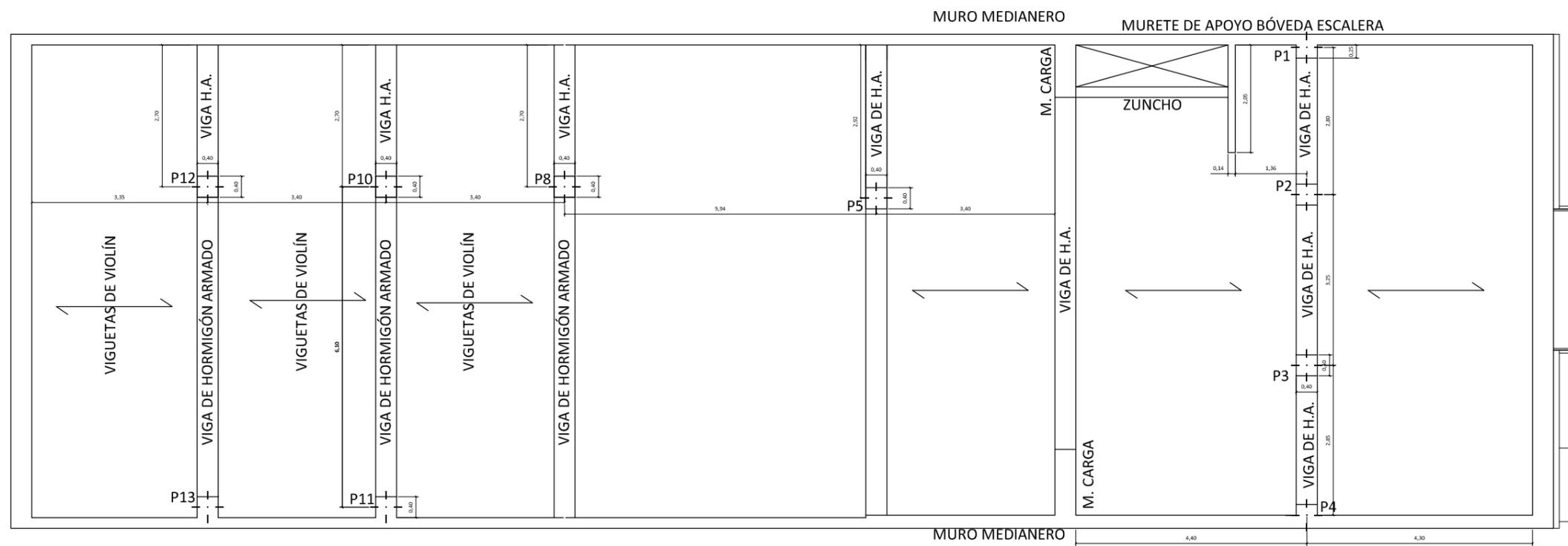
COTAS PLANTA CAMBRA

E: 1/100



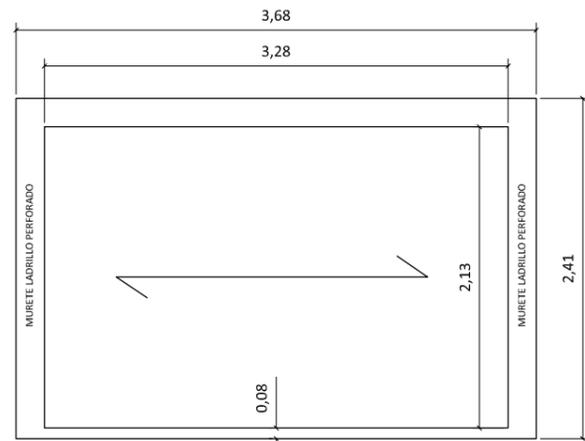
ESTRUCTURA PLANTA BAJA

E: 1/100

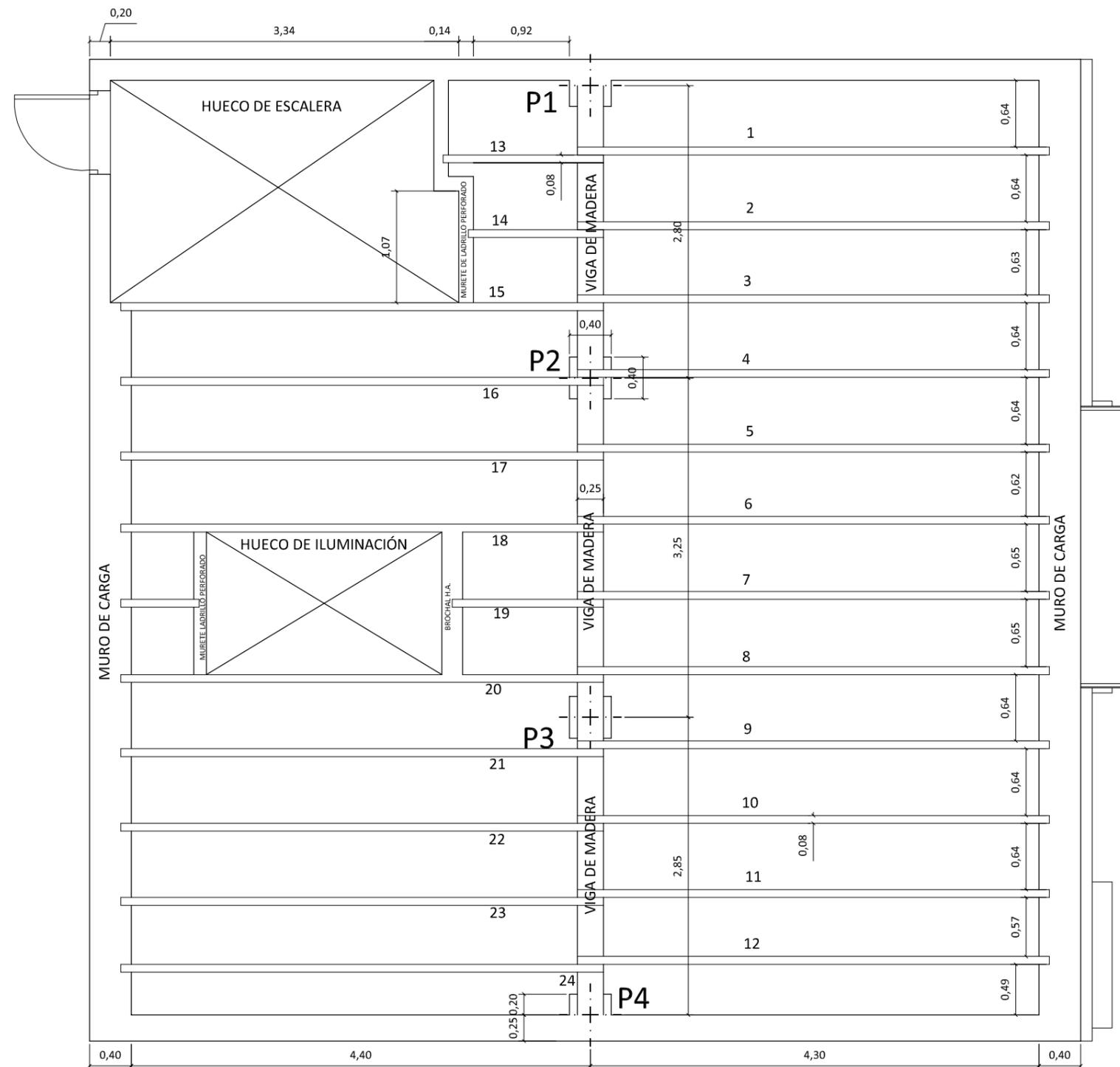


ESTRUCTURA PLANTA PRIMERA (FORJADO AÑADIDO DE H. ARMADO)

E: 1/100

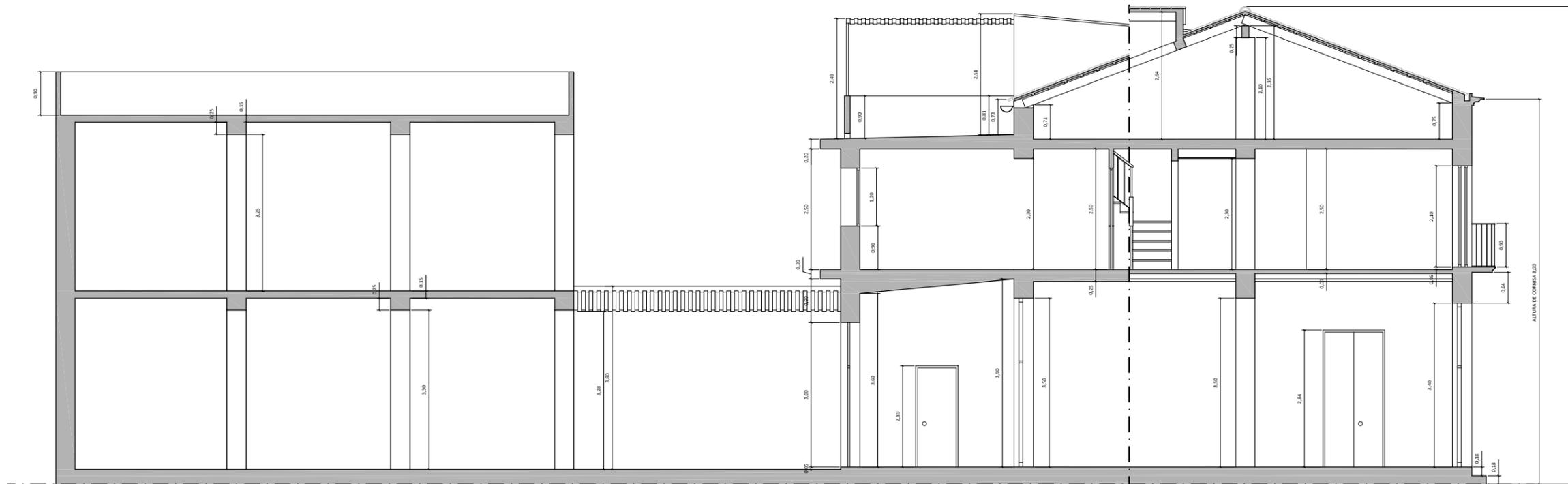


CASETÓN DE ESCALERA



ESTRUCTURA DE CUBIERTA INCLINADA

E: 1/100



SECCIÓN A-A'



ESQUEMA DE VISTAS

2.2 DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

FOTOGRAFÍAS DE LA FACHADA PRINCIPAL



Fachada Principal de la vivienda objeto de estudio desde la calle Dr. Constantino Gómez, 29 de Borbotó. El acceso a la Planta Baja se realiza por la puerta central y a la Planta Primera por la puerta de menor tamaño situada a la izquierda.



Estas fotografías muestran la Fachada Posterior en Planta Baja y en Planta Primera que quedan vistas desde el patio interior de la vivienda.



Fachada Posterior del edificio situado al norte de la vivienda que pertenece al Cobertizo de la misma.

FOTOGRAFÍAS DE PLANTA BAJA



En primer lugar mostramos un esquema de distribución para entender las fotografías realizadas:

SALÓN-COMEDOR:

Esta fotografía está realizada desde la puerta principal. Se observa la distribución general de la vivienda: un amplio pasillo central que divide la casa en dos por el cual se accede hasta el patio trasero.



En la imagen se aprecia el encuentro de las viguetas de madera con el encuentro con la viga también de madera que a su vez apoya en los pilares maestros.



La imagen muestra la gran puerta de madera que separa la zona de descanso con las zonas húmedas de la vivienda en Planta Baja.



En esta fotografía aparece la estancia reservada a Salón-comedor, al fondo de la imagen se sitúa la puerta de la Fachada Principal y el Dormitorio 1.



En esta otra imagen se aprecia también el Salón-comedor pero enfocada hacia la puerta del patio interior.

DORMITORIO 1:



Interior del Dormitorio 1.
Vemos como todo el mobiliario, incluso la carpintería, es de madera.



En la imagen se observa la estructura leñosa del forjado del Dormitorio 1 en su encuentro con la viga y esta con los pilares.



Detalle de los síntomas de humedades en el intradós del muro de carga de la Fachada Principal en el Dormitorio 1.

DORMITORIO 2:



La imagen muestra el interior del Dormitorio 2. A la izquierda se encuentra la fábrica de ladrillo que divide la estancia con la escalera de acceso a la vivienda situada en Planta Primera.

DORMITORIO 3:



Estas dos fotografías muestran el Dormitorio 3. Vemos la bóveda de la escalera de acceso a la vivienda situada en la Planta Primera.



COCINA:



En la imagen se aprecia el mobiliario de cocina que tuvo que ser reconstruido, porque el anterior de madera quedó destrozado por un ataque de termitas.

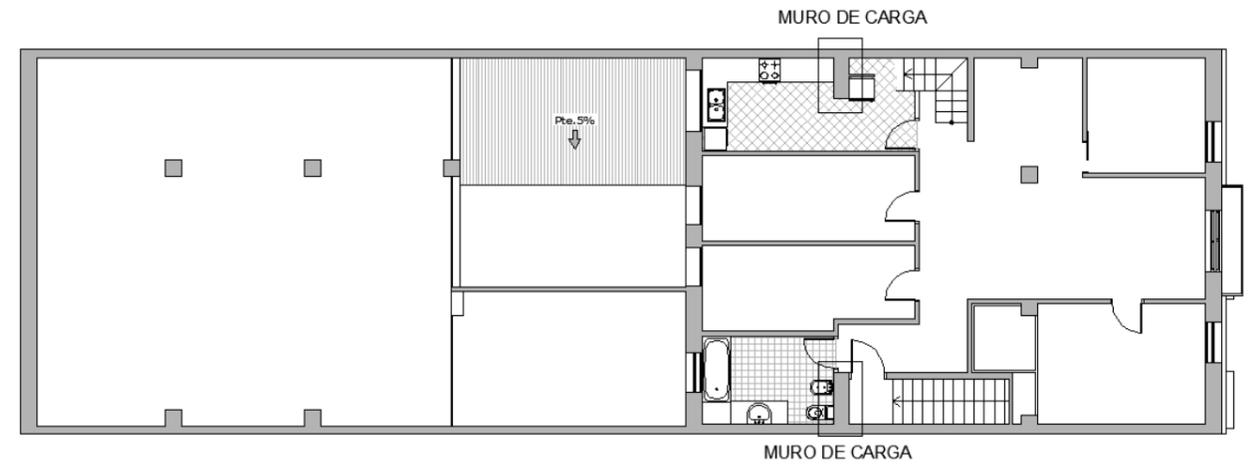


PATIO INTERIOR Y CORRAL:



Patio interior de Planta Baja. A la derecha de la imagen quedan situados el aljibe y el comú.

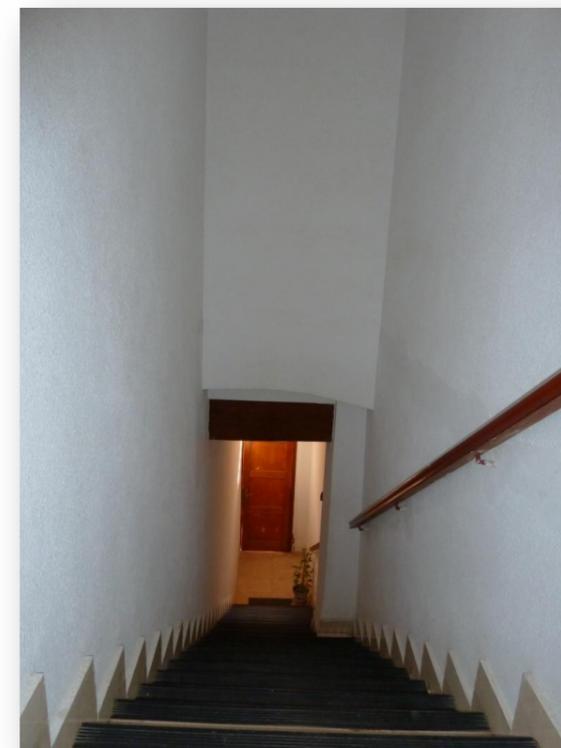
FOTOGRAFÍAS DE PLANTA PRIMERA



La representación fotográfica de Planta Primera no tiene relevancia ya que la estructura vista de material leñoso se encuentra en Planta Baja y en Planta *Cambra*, además, no presenta síntomas de humedad ni de patologías representativas, por lo que mostraremos fotografías específicas para destacar algunos rasgos interesantes de dicha planta.

En el esquema de arriba subrayamos dos porciones de muro de carga que describimos en fotografía.

Planta Baja del Cobertizo de distribución diáfana posee una estructura de pilares de ladrillo cerámico macizo y forjado de vigas y viguetas de violín con bovedillas de yeso. Como vemos, toda la zona del corral está pintada con cal viva, esto se realizaba para desinfectar la zona destinada a los animales. Al fondo de la imagen se encuentra la puerta metálica de acceso posterior del edificio.



En esta fotografía destacamos el acceso a la vivienda en Planta Primera a través de la escalera. Se observa además la viga de madera en el apoyo con el pilar embebido en el muro medianero.



En esta imagen vemos el muro de carga posterior del edificio encuadrado en la parte superior del esquema de planta visto anteriormente. El muro está revestido con azulejo cerámico y actúa de apoyo de la bóveda de escalera de acceso a la Planta *Cambra* además de actuar estructuralmente como apoyo de la viga, ya que la ampliación de la superficie útil de la vivienda incorpora un nuevo pórtico en la misma.



El extremo opuesto de la vivienda, encuadrado en la parte inferior del esquema anteriormente mostrado. Vemos la porción del muro de carga que recibe la bóveda de la escalera de acceso de la vivienda, además de la viga que mencionábamos anteriormente.



Escalera de acceso a la Planta *Cambra*. Apreciamos las tabicas revestidas con azulejo valenciano, las huellas con baldosín catalán y las esquinas formadas por un mamperlán de madera.

Interior de la Planta Primera del Cobertizo, de distribución diáfana y estructura de pilar de fábrica de ladrillo cerámico, vigas metálicas y viguetas de violín.



Detalle de estructura. Se observa el encuentro del pilar con las vigas metálicas y las viguetas de piezas cerámicas con armadura metálica en su interior (viguetas de violín). En lugar de bovedillas el forjado se forma con un entablillado de bardos cerámicos.

FOTOGRAFÍAS DE PLANTA CAMBRA



Encuentro de las vigas con el pilar maestro y a su vez el apoyo de las viguetas sobre la viga.



Interior de la Cubierta compuesta por correas y rastreles de madera y el material que compone el faldón de ladrillo cerámico macizo.



En esta fotografía vemos que la viga es continua en el apoyo con el pilar maestro.

FOTOGRAFÍAS DE PLANTA CUBIERTA



Se aprecia el embrochalamiento realizado para la apertura de un hueco de iluminación del recinto.



Esta imagen está tomada desde la Cubierta de la Planta *Cambra*. Muestra el faldón de la cara norte de la vivienda, la apertura realizada en la Cubierta para la iluminación (el embrochalamiento que señalábamos anteriormente) y el casetón de la escalera. Como se observa el material de cobertura es teja árabe cerámica.



Caseta realizada sobre la Cubierta para la iluminación natural, vista más detalladamente.



Aquí encontramos de forma más ampliada el casetón de la escalera, con una cubierta plana no transitable.

Cubierta de la caseta citada anteriormente.

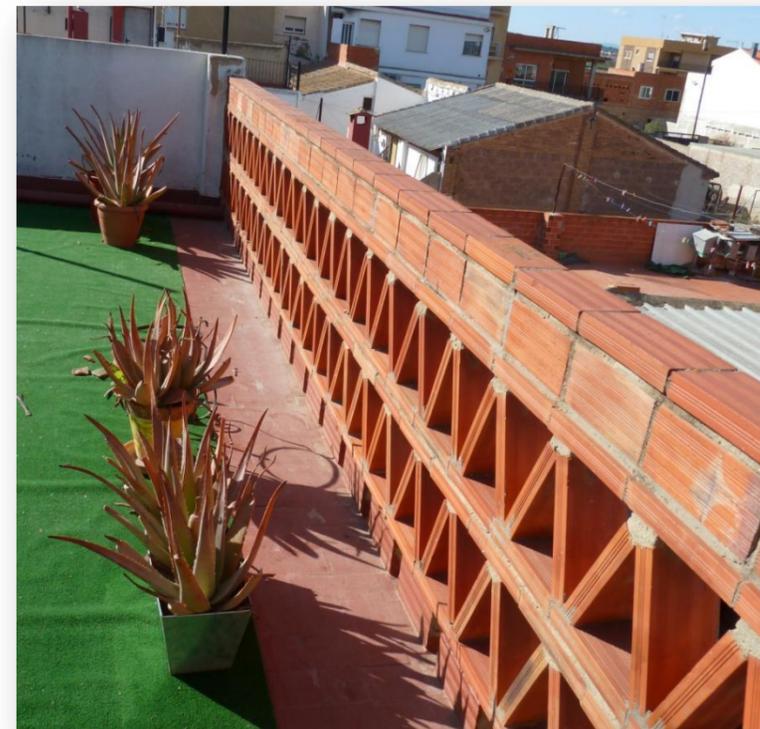


Cubierta del casetón. El material de cobertura es una lámina impermeabilizante autoprotegida. A la derecha de la imagen vemos la conducción de cobre de la instalación de gas natural y a la izquierda se encuentran acopiadas piezas de teja cerámica.

Faldón de la parte sur de la vivienda, que desagua a la calle principal a través de un canalón oculto. A la izquierda de la imagen vemos la instalación de gas natural mencionada anteriormente.



Cumbre de la Cubierta revestida con pintura acrílica para reforzar su impermeabilización, además del encuentro del tejado con el paramento vertical de la caseta para la iluminación (como vemos reforzado por una lámina bituminosa autoprotégida que discurre desde la cumbre hasta el paramento vertical).



Estas dos fotografías muestran la barandilla realizada con ladrillo hueco cerámico en la cubierta transitable de la planta.



En esta fotografía vemos la cubierta plana del Cobertizo. La cubierta es convencional plana transitable con acabado de baldosín catalán y con un refuerzo de pintura acrílica armada con fibra de vidrio tipo Mallatex.

3 ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO

El estudio realizado de la vivienda se basa en la parte del edificio de uso residencial (el encuadrado en rojo de la imagen 1.2). La parte trasera es un Cobertizo construido con forjado de bovedilla de yeso y viguetas de violín con una capa de compresión de unos 5 cm de espesor, con soportes de ladrillo cerámico macizo. Tiene dos plantas que anteriormente estaban destinadas a la explotación animal, por ello sus condiciones no son habitables, por lo que las excluimos del estudio para centrar nuestra atención en el edificio de uso exclusivamente residencial. No obstante, no discriminamos las posibles afecciones que puedan ocasionar en nuestro estudio.

Estructuralmente, el edificio objeto de investigación trabaja isostáticamente mediante tres pórticos. Estos están formados por el apoyo de viguetas sobre muros en los extremos de la vivienda las cuales descansan en una viga sobre los pilares de la parte central. La vivienda consta de dos alturas habitables más una tercera en la que se alojan la buhardilla y la terraza.

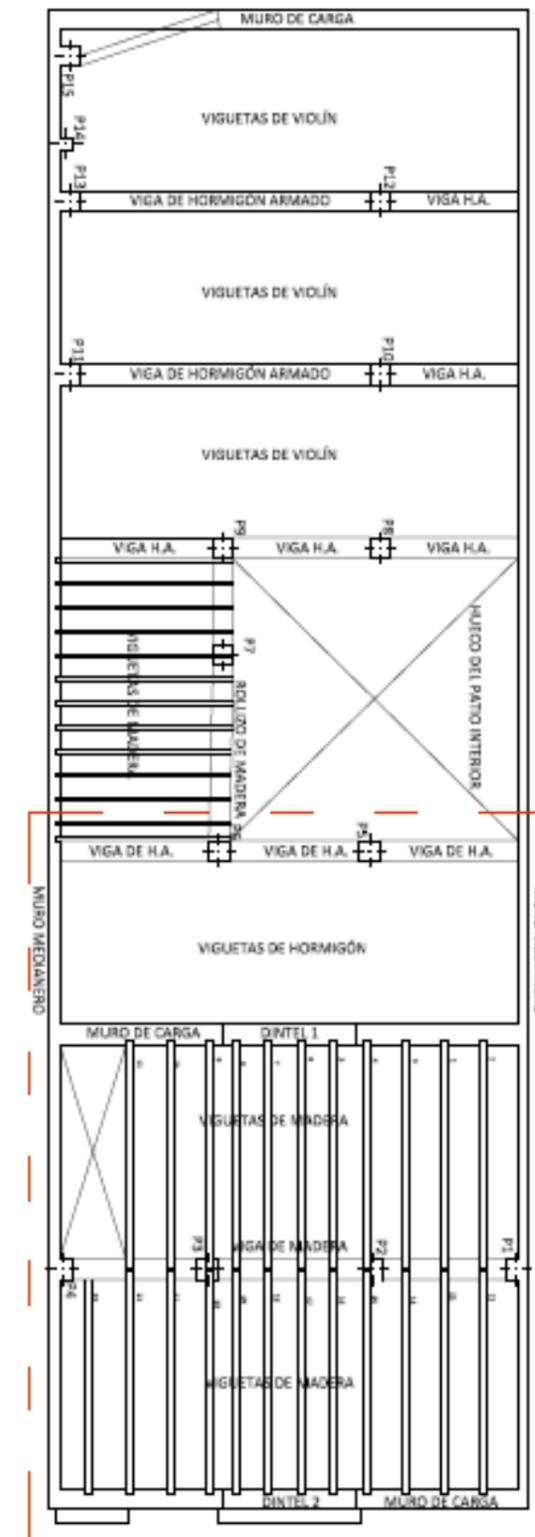


Imagen 1.2 Esquema de estructura planta baja

3.1 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

A continuación, detallamos cada uno de los elementos que conforman el edificio y los materiales empleados:

CIMENTACIÓN

Debido a la imposibilidad de realizar catas de investigación, los datos que conocemos referidos a la cimentación del edificio se obtienen tras la entrevista al constructor José Montes, de la empresa Zanon Constructores, con amplia experiencia en la rehabilitación de viviendas rurales en la zona. Se trata de una cimentación corrida bajo los muros y zapatas aisladas en los pilares centrales. Se encuentran a una distancia aproximada de -1,00 m de la rasante de la acera y está formada por un ensanchamiento de la sección del muro de carga de ladrillo cerámico macizo, convertido ahora en muro de tapial con «bolos» de piedra de gran formato y áridos procedentes del *Barranc de Carraixet*, cercano a esta pedanía. Tiene unas dimensiones de aproximadamente 1,00 m de espesor y 1,00 m de profundidad.

SOLERA

El pavimento inicial de la vivienda estaba constituido por un eje central que comunicaba la parte delantera con la trasera. Este tramo es de terreno originario con dos hiladas longitudinales y paralelas de piedra de rodeno que coincidían con el paso de las ruedas de los carruajes utilizados para la labra de la tierra (no olvidemos el uso rural de la vivienda); actualmente estas hiladas de piedra de rodeno están cubiertas con baldosa de terrazo. El restante pavimento del salón y las habitaciones estaba compuesto de baldosas hidráulicas confeccionadas en obra, de dimensiones 20x20 cm. El nivel de la solera del edificio actualmente está elevado del nivel inicial, ya que la vivienda tenía problemas de entradas de agua en períodos de lluvia intensa, por ello encontramos dos escalones en la puerta principal de acceso a la misma.

ESTRUCTURA

Muros: los muros de carga están formados de ladrillo macizo manual, de un pie de espesor, recibido con mortero de cal y dispuesto mediante aparejo flamenco o gótico. Por los nódulos de cal viva que contienen las llagas y tendeles de la fábrica, deducimos que la cal se apagó a pie de obra, con un sistema utilizado tradicionalmente por fusión que consistía en amontonar la cal viva en el terreno creando un cráter central en el que se rellenaba de agua y cal viva hasta que se completaba el proceso químico de apagado que permitía la puesta en obra. Los áridos de los morteros provenían del *Barranc*

de Carraixet. Los ladrillos macizos utilizados en los muros proceden de una fábrica situada en la población vecina de Alfara del Patriarca.

Muros medianeros: los muros medianeros, con función estructural, están formados por tapial valenciano compuesto con mortero de cal de áridos provenientes del *Barranc de Carraixet* y cantos de diferentes tamaños, con un espesor de 20 cm aproximadamente.

Pilares: formados del mismo modo que los muros de carga, mediante ladrillo macizo manual dispuesto con aparejo flamenco de dos pies de espesor.

Vigas: las vigas empleadas en la tramada central de la vivienda son de madera de pino melis originario del sudeste de Norteamérica, comúnmente denominado «mobila» por la procedencia del puerto donde se comercializaba esta madera (Mobile, Alabama). La mobila, es una conífera muy resistente que debido a sus grandes longitudes favorecía su uso estructural. Además, era reutilizada de la demolición de otras construcciones por lo que el grado de humedad era muy bajo y su coste era bastante económico adaptándose a las necesidades de entonces.

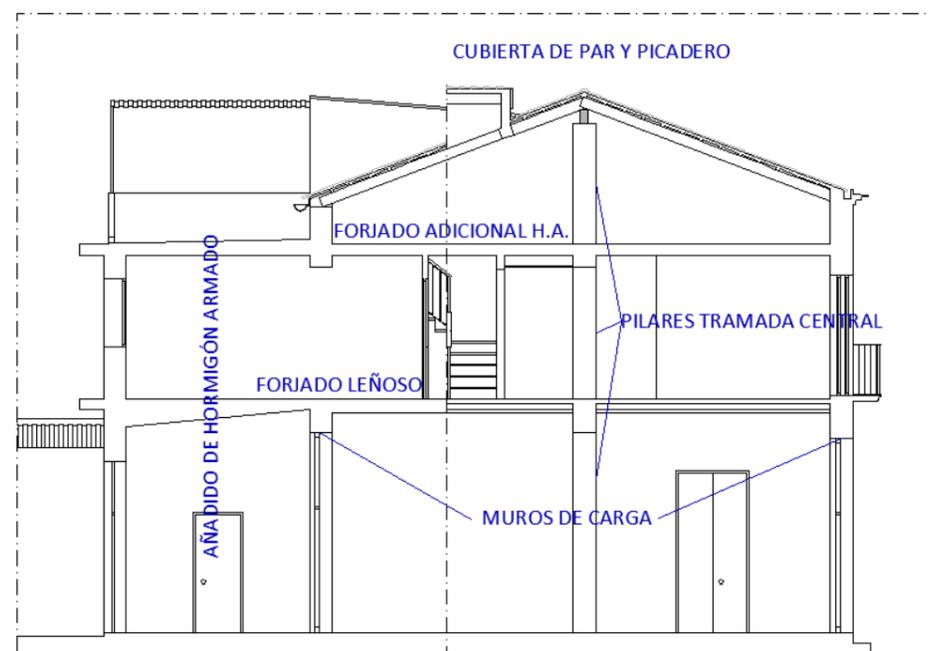
Forjado: formado por viguetas de madera de pino melis (15x7 cm) y revoltón, que consiste en una bóveda de cañón recta de ladrillo macizo recibida con yeso. La bóveda está apoyada sobre dos listones de madera (4x4 cm) clavados a las viguetas y recubierto por árido de carbón aligerante en concreto de carbón de coque. Sobre este se coloca directamente el pavimento cerámico recibido con mortero de cal y actualmente este pavimento está revestido con un suelo cerámico recibido con mortero de cemento.

Forjado adicional planta intermedia: entre el primer forjado y la cubierta se añadió un forjado de hormigón armado de canto 20 cm a base de vigueta resistente pretensadas de hormigón y bovedilla de hormigón prefabricada con capa de compresión de 5 cm de espesor con malla electrosoldada de reparto. Este forjado se añade aproximadamente en 1987.

CUBIERTA

Tejado de cubierta caliente de par y picadero a dos aguas. La formación de pendientes se logra apoyando los pares en una viga central, correspondiéndose con la tramada central y que, por lo tanto, apoya en los pilares y los extremos a menor cota descansando contra los muros de carga conformando

la pendiente. Perpendiculares a los pares se clavan rastreles de apoyo para los ladrillos macizos tomados con mortero de cal que forman el faldón. Sobre este se coloca una cama de arena arcillosa a modo de aislamiento térmico y el material de cobertura es la teja curva árabe tomada con mortero de cemento.



CERRAMIENTOS

Fachada Principal realizada con muro de carga con función estructural, de un pie de espesor, realizado con ladrillo cerámico manual recibido con mortero de cal, también apagada en obra. No dispone de aislamiento térmico-acústico ni tratamiento anticapilaridad. El aparejo utilizado es el flamenco o gótico, el muro de carga intermedio responde a las mismas características.

PARTICIONES

Planta Baja: particiones interiores realizadas con ladrillo macizo manual recibido con mortero de yeso, colocados a panderete. Por lo tanto, el espesor de las fábricas interiores es de 4 cm más los revestimientos.

Planta Primera: particiones realizadas con ladrillo cerámico hueco (LH 24x11, 5x7) recibido con mortero de cemento.

REVESTIMIENTOS

Los revestimientos en Planta Baja:

Los revestimientos verticales en las zonas húmedas están formados por alicatado de azulejo cerámico esmaltado recibidos con mortero bastardo de cemento y cal. En el resto de paramentos nos encontramos con un guarnecido de yeso grueso de 1 cm aproximadamente y un enlucido de yeso muerto de unos escasos milímetros de espesor.

Los revestimientos horizontales (pavimento) en zonas húmedas han sido renovados con baldosas cerámicas y en las demás estancias conforme a lo mencionado anteriormente en el apartado de solera.

Los revestimientos horizontales en techos están constituidos por falsos techos de placas de escayola en las zonas húmedas. En el resto de la vivienda se enlucen con yeso las bóvedas o revoltones cerámicos.

Los revestimientos en Planta Primera:

Los revestimientos verticales en las zonas húmedas están compuestos por azulejo cerámico esmaltado recibido con mortero de cemento, en el resto de los paramentos nos encontramos con un guarnecido de yeso grueso de aproximadamente 1 cm de espesor y un enlucido con yeso fino de 0,5 cm, todos ellos con gotelé y pintura plástica.

Los revestimientos horizontales en toda la Planta Primera (pavimento) están colocados sobre un pavimento cerámico manual que cubría toda la superficie de la vivienda. En el baño se utiliza exactamente el mismo azulejo que para las paredes y en el resto de la casa, incluyendo cocina, se utiliza una baldosa cerámica recibida con mortero de cemento.

Los techos están formados por falsos techos de placas de escayola en baño, cocina y pasillo, y en el resto de estancias están formados por cielo raso, enluciendo directamente sobre el forjado con yeso.

INSTALACIONES

Instalación de saneamiento: colocación de PVC enterrada hasta red general de alcantarillado, no original puesto que se modificó en su momento, aunque sin datación de la intervención.

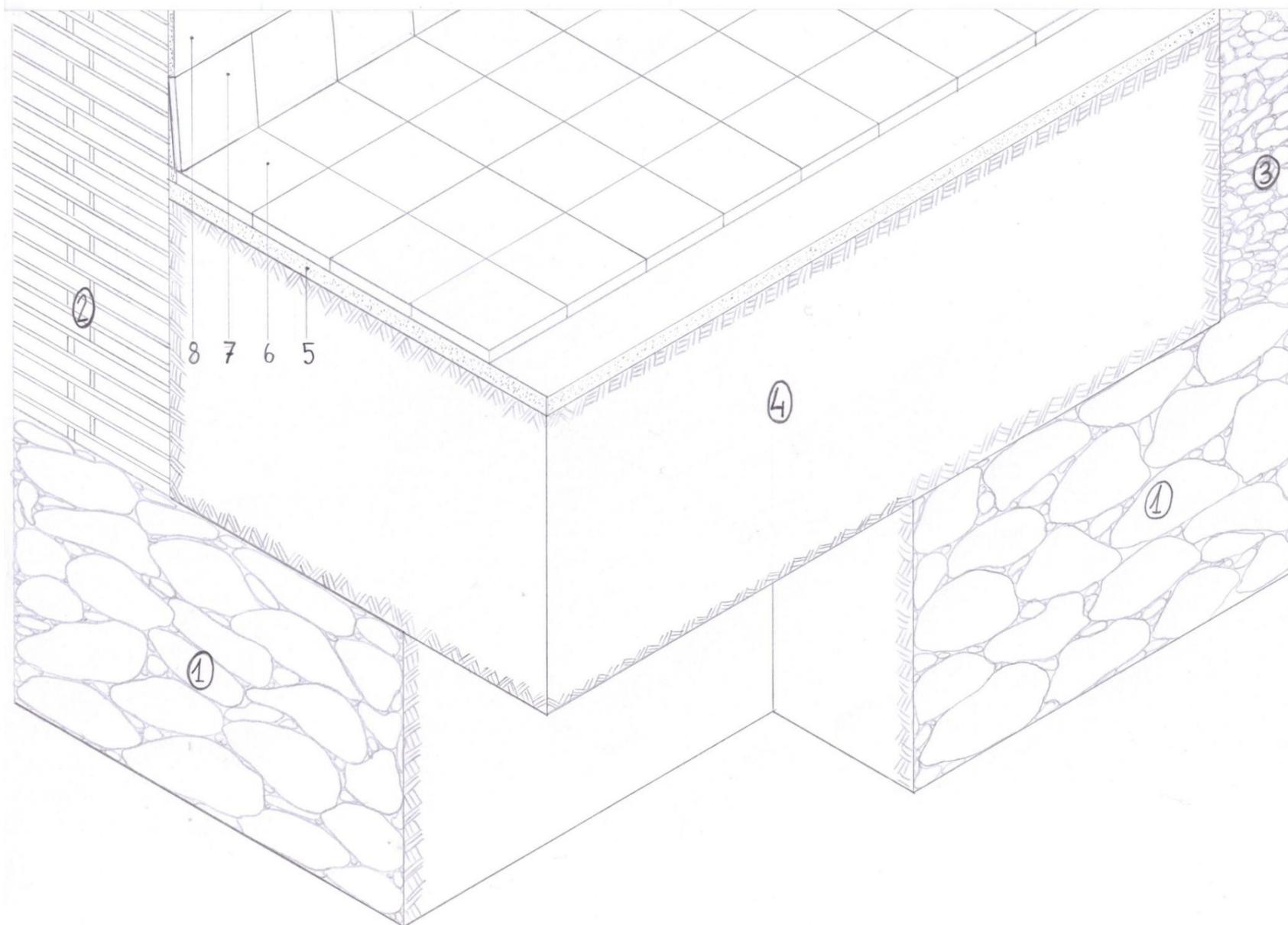
Instalación de fontanería: inicialmente el agua se obtenía del aljibe, más tarde se instaló a la acometida de agua potable con tuberías de plomo, posteriormente se actualizó a tuberías de cobre.

Instalación de electricidad: inicialmente cableado de hilo trenzado de algodón de 125V y posteriormente se actualizó a 220V con cable de cobre.

3.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

En este apartado definiremos los sistemas constructivos del edificio a partir de detalles constructivos de los elementos más representativos del mismo.

AXONOMÉTRICA DEL DETALLE DEL ENCUENTRO DE LA CIMENTACIÓN CON LOS MUROS DE CARGA

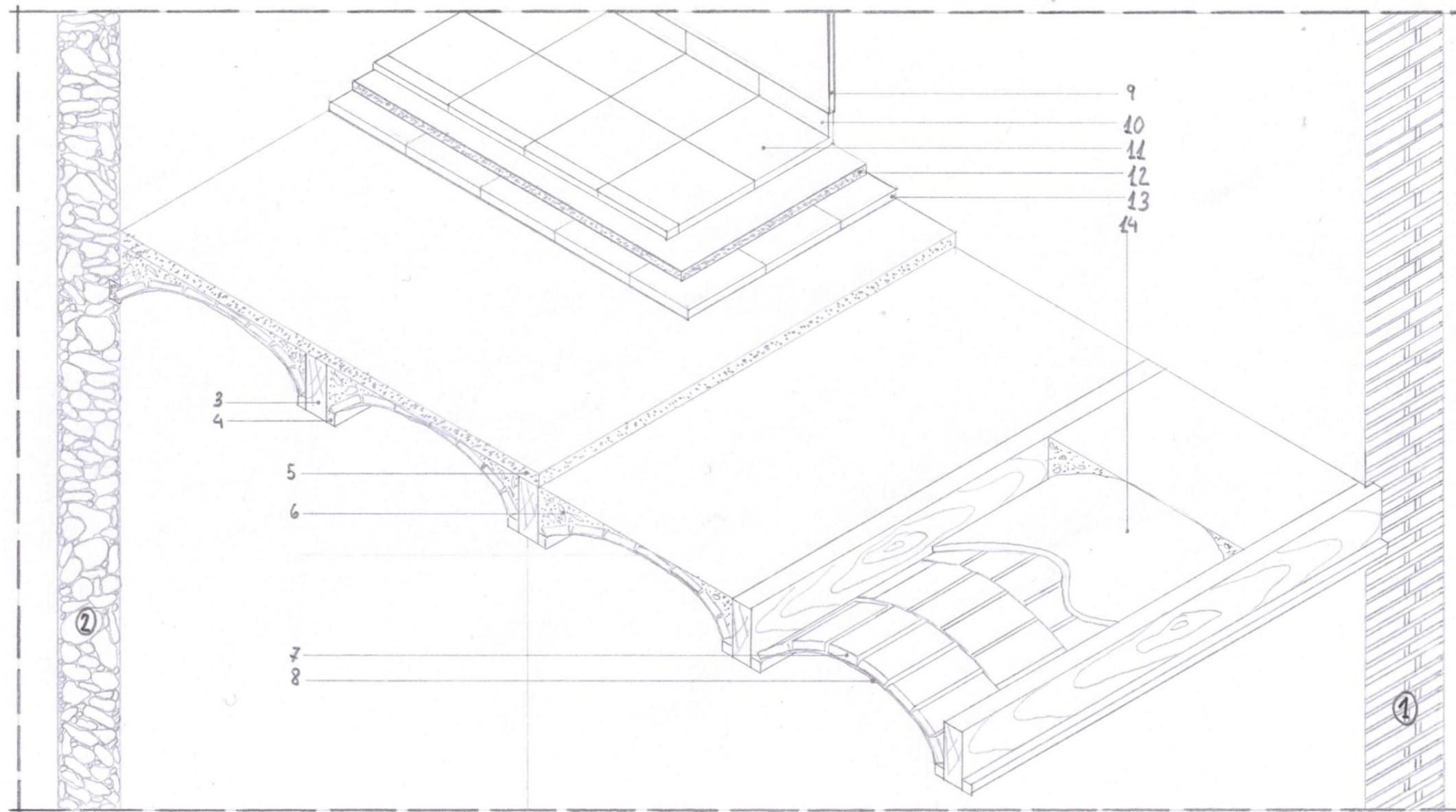


LEYENDA DEL DETALLE

1. Cimentación del edificio mediante bolos de gran tamaño y morteros de áridos del *Barranc de Carraixet* y cal.
2. Muro de carga de fachada mediante fábrica de ladrillo cerámico recibido con mortero de cal de 2 pies de espesor.
3. Muro de carga medianero formado por tapial valenciano compuesto con mortero de cal de áridos provenientes del *Barranc de Carraixet* y cantos de diferentes tamaños con un espesor de 20 cm aproximadamente.
4. Terreno arcilloso sobre el que asienta la solera del edificio.
5. Mortero de cal para el agarre del pavimento con 3 cm de espesor.
6. Pavimento de baldosa hidráulica de dimensiones 20x20 cm.
7. Rodapié mediante baldosa hidráulica de 20x20 cm recibido con mortero de cal.
8. Guarnecido y enlucido de yeso de 1,5 cm aproximadamente de espesor

El detalle nos muestra el encuentro de los muros de carga de fachada y medianero en su encuentro con la cimentación. El sistema funciona isostáticamente ya que los muros de carga apoyan directamente en la cimentación. Además se observa cómo la solera del edificio en Planta Baja apoya directamente sobre el terreno arcilloso.

AXONOMÉTRICA DEL DETALLE DEL ENCUENTRO DEL FORJADO DE VIGUETAS DE MADERA Y BÓVEDA CERÁMICA CON LOS MUROS DE CARGA Y MEDIANERO

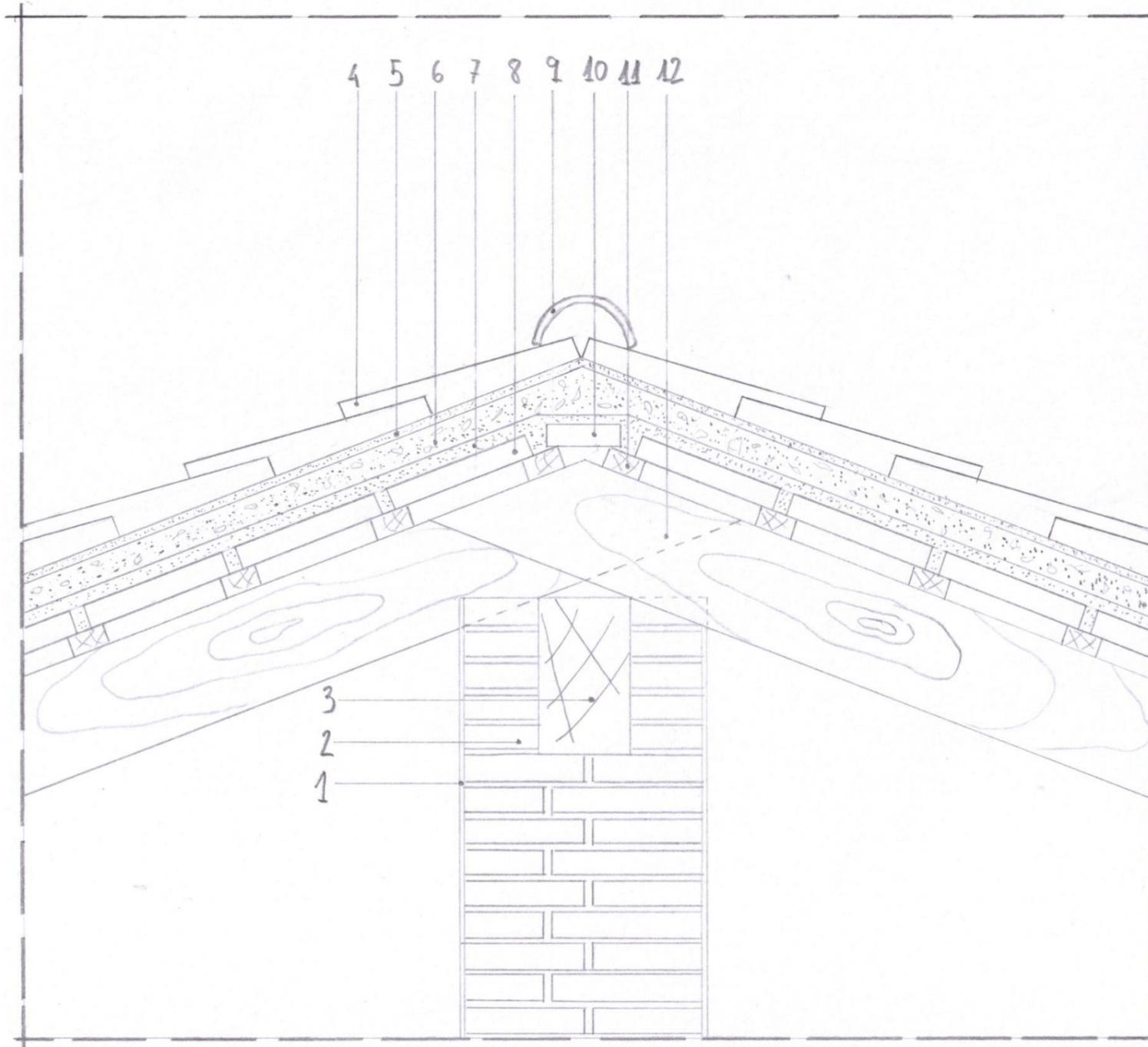


LEYENDA DEL DETALLE

1. Muro de carga de fachada mediante fábrica de ladrillo cerámico recibido con mortero de cal de 2 pies de espesor.
2. Muro de carga medianero formado por tapial valenciano compuesto con mortero de cal de áridos provenientes del *Barranc de Carraixet* y cantos de diferentes tamaños, con un espesor de 20 cm aproximadamente.
3. Vigueta de madera de mobila de 18x7,5 cm.
4. Cabios de madera claveteados a las viguetas para el apoyo de las bóvedas de ladrillo cerámico.
5. Capa de relleno mediante áridos ligeros y cal (sirve de mortero de agarre del pavimento cerámico primitivo).
6. Relleno mediante áridos ligeros y restos de escombro enrasados con la parte superior de las viguetas.
7. Bóveda cerámica de ladrillos macizos recibidos con yeso.
8. Enlucido de yeso de la bóveda cerámica con acabado de pintura plástica lisa.
9. Guarnecido y enlucido de yeso ($e = 1,5$ cm), con acabado con pintura plástica rugosa.
10. Rodapié cerámico recibido con mortero de cemento
11. Pavimento cerámico de dimensiones 30x30 cm.
12. Mortero de cemento para agarre del pavimento ($e = 2$ cm).
13. Pavimento cerámico original.
14. Capa de compresión de la bóveda cerámica mediante extendido de yeso de 2 cm de espesor

El detalle nos muestra el encuentro del forjado de viguetas de madera con bóveda cerámica con el muro de fachada y medianero. El sistema funciona isostáticamente mediante el apoyo de las viguetas leñosas con el muro de carga de fachada. Asimismo vemos los diferentes materiales con los que está formado el forjado, según indica la leyenda del detalle.

DETALLE DEL ENCUENTRO DEL PILAR MAESTRO CON EL FORJADO LEÑOSO DE CUBIERTA



LEYENDA DETALLE

1. Enfoscado de mortero de cemento con acabado fratasado.
2. Pilar maestro de fábrica de ladrillo cerámico macizo de 40x40 cm.
3. Viga de madera de mobila de 15x25 cm.
4. Teja curva árabe cerámica.
5. Mortero de cemento para recibido de tejas (en el momento de la incorporación del forjado intermedio, se acondiciona la cubierta, por ello las tejas están recibidas con mortero de cemento).
6. Cama de áridos del *Barranc de Carraixet* (e= 5 cm aproximadamente).
7. Capa de regularización-compresión del faldón cerámico mediante mortero de cal.
8. Faldón cerámico compuesto por ladrillos cerámicos macizos recibidos con mortero de cal.
9. Teja cerámica curva de cumbre recibida con mortero de cemento.
10. Ladrillo cerámico para la unión de los faldones cerámicos de la cubierta.
11. Rastreles de madera para el apoyo del faldón cerámico.
12. Vigueta de madera de mobila de 7,5x18 cm.

El detalle nos muestra el apoyo del forjado inclinado en la viga central de madera que a su vez descansa en el pilar maestro de ladrillo cerámico. El sistema funciona de forma isostática, además vemos los distintos materiales que lo componen.

4 ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS

4.1 REGISTRO DE DETECCIÓN DE LAS HUMEDADES CAPILARES

Se realizará una descripción de los procedimientos que utilizaremos para la **detección** de los daños y la **evaluación** de su gravedad.

Los «síntomas» más evidentes del «ataque» de la humedad por capilaridad son:

- Decoloración estratigráfica del paramento (como si estuviera mojada) acompañada de una exfoliación del acabado de este: pintura, morteros y/o revestimientos de yeso.
- Pérdida importante en el espesor del paramento producida por una arenización (falta de cohesión entre materiales por presencia excesiva de agua), debida a las criptoflorescencias.
- Zonas poco ventiladas, aparición de decoloraciones acompañadas de eflorescencias.

A continuación procederemos a detallar el proceso a través del cual **estudiaremos la extensión e intensidad de los daños**. Para ello, hay que inspeccionar la totalidad de los locales de la vivienda.

Extensión de daños:

Humedades por capilaridad en el 100 % de los paramentos de la Planta Baja de la vivienda. Desarrollada por los tabiques de distribución del Salón-comedor, sala de estar, al igual que en los que delimitan estos con la Cocina, dormitorios y Baño.

Del mismo modo, en la cara interior de los muros de carga de la vivienda y en los muros del patio interior.

Eflorescencias y criptoflorescencias en el muro de patio interior.

Por último, pasamos a describir las **técnicas de auscultación** empleadas:

Utilizaremos un procedimiento tradicional no destructivo. Realizaremos un análisis completo del edificio centrandó nuestra atención en las zonas bajas de los paramentos por una mayor concentración de humedades. Del mismo modo, estudiaremos los paramentos revestidos con material cerámico (zonas húmedas), aunque es más complicado establecer el grado de afectación, habrá que supervisar el estado de los mismos:

- Mediante medios organolépticos.
- Mediante herramientas y útiles como :

- Punzón: con este elemento podemos tantear si existe o no degradación bajo la superficie. En zonas de poco espesor sirve para conocer la profundidad del ataque.
- Taladro: realizaremos perforaciones en las zonas afectadas para conocer su profundidad sin necesidad de eliminar la parte destruida.
- Humidímetro: calcularemos el grado de humedad en un paramento (el más degradado).
- Cámara termográfica: nos proporcionará el grado de zonas húmedas no visibles de forma organoléptica.

4.2 REGISTRO DE DETECCIÓN DE LA ESTRUCTURA HORIZONTAL DE MADERA

En primer lugar, llevaremos a cabo una descripción de los procedimientos que emplearemos para la **detección de los daños** y la evaluación de su gravedad. La actuación de los agentes bióticos se centra en las zonas próximas a la humedad. Las más frecuentes son:

- Piezas de madera próximas al suelo, como son los cercos de las puertas o el mobiliario de madera de la vivienda.
- Apoyo de las cabezas de las piezas de madera, tanto vigas como viguetas, con los muros de fábrica. Este caso se ve agravado cuando se trata de muros de fachada, ya que el efecto de la lluvia conduce a una elevada humedad que favorece el desarrollo de hongos de pudrición. Los balcones también pueden retener agua de lluvia incrementando el riesgo de transmitir humedad a la cabeza de las vigas. En el caso de encuentro de piezas de madera en muros interiores puede dar lugar al ataque de las termitas, porque da acceso desde el suelo a la madera.
- Lugares de paso de agua, mediante instalaciones de agua y saneamiento defectuosas que puedan producir fugas o condensaciones que favorezcan la pudrición.
- En las cubiertas de madera existen zonas de riesgo importantes que hay que tener en cuenta:
 - En lugares de posible entrada de agua por defecto o rotura del material de cubrición.
 - Defectos en canalones ocultos y consiguiente degradación de aleros.
 - Fallos de impermeabilización en puntos singulares.
 - Condensaciones.

A continuación detallamos el proceso mediante el cual **analizaremos la extensión e intensidad de los daños**. Para ello, debemos inspeccionar todos los locales de la vivienda.

Extensión de daños: zonas a las que afecta el ataque. Está ligado al tipo de agente causal:

- ***Reticulitermes lucifugus Rossi (termitas)***: afecta por lo general a toda la construcción en forma piramidal. Esto significa que ataca desde el suelo del edificio, aunque puede darse el caso de infestación de un edificio colindante. Puede extenderse en varias plantas, sobre todo, por la existencia de conducciones de agua defectuosas. Hay que tener en cuenta que para llegar a la madera pueden atravesar materiales de poca dureza o densidad como pueden ser el yeso y sobrepasar materiales más duros como el hormigón, mediante conductos fabricados con saliva, excrementos y tierra.
- **Carcomas**: los orificios creados en la superficie de la madera son prueba de que al menos han vivido una generación en ella, ya que las perforaciones las realizan cuando son adultos. De estos insectos, la carcoma grande (*Hylotrupes bajulus*) es la única que puede presentar una amplia extensión en su ataque, ya que la pequeña es de menor entidad.

- Hongos de pudrición: El ataque se reduce a las zonas en que la humedad es superior al 20 %. Por lo tanto, se reduce el riesgo de afección a zonas en contacto con fábricas húmedas o conducciones sanitarias defectuosas.

Intensidad de los daños: viene definida por la profundidad y densidad de la degradación en sección transversal y por la longitud que presenta a lo largo de la pieza. También ligado a cada agente causal, ya que cada uno tiene un tipo de actuación particular:

- ***Reticulitermes lucifugus Rossi (termitas)***: ataca principalmente la albura, en galerías paralelas a las fibras dejando cavidades en la madera en forma de hojas de libro y una fina capa exterior intacta. La destrucción puede llegar a ser completa con el aspecto externo incólume. La zona de mayor degradación suele ser en encuentros con muros.
- ***Hylotrupes bajulus (carcoma grande)***: destruye la albura en forma de galerías superficiales a lo largo de toda la pieza, provocando un debilitamiento en la sección de la misma. El daño puede ser grave sobre todo cuando atiende a varias generaciones de infestación.
- ***Anobium punctatum (carcoma común)***: el deterioro producido por estos insectos es de menor gravedad, dañan principalmente la albura pudiendo perjudicar el duramen si este presenta pudrición previa.
- Hongos de pudrición: dependiendo del tipo afectan a la albura (Pudrición Blanca) o al duramen (Pudrición Parda). Se hacen visibles cuando han perdido hasta el 90 % de sus propiedades mecánicas.

Por último, pasamos a describir las **técnicas de auscultación** empleadas:

Ante la falta de medios más sofisticados, utilizaremos el procedimiento tradicional no destructivo. Realizaremos un análisis completo del edificio incrementando la intensidad del estudio en los puntos singulares antes mencionados y los signos que pueden ocasionar los agentes bióticos en la superficie de la madera (orificios, abultamientos, cuarteado, etc.). Los instrumentos que utilizaremos son los siguientes:

- Martillo de nylon: el sonido producido al golpear un elemento estructural determinará si se encuentra o no bajo carga. Si el sonido es sordo (blando, grave, sin rebote) indica que no está en carga y probablemente que esté dañado. Por el contrario, si el sonido es claro y tenso, revela que la pieza se encuentra en tensión. Asimismo, si golpeamos la superficie de la madera y nos da un sonido hueco en lugar de macizo, también nos indica un punto de infestación. El análisis se ejecuta de forma metódica, empezando en un extremo de la pieza y avanzando hasta el centro para comprobar la variación de sonido.
- Punzón: con esta herramienta podemos tantear si existe o no degradación bajo la superficie. En zonas de poco espesor sirve para conocer la profundidad del ataque.

- Taladradora: realizaremos perforaciones en las zonas afectadas para conocer su profundidad sin necesidad de eliminar la parte destruida. Utilizaremos una broca de doble hélice, de diámetro reducido y de un tamaño de 15 cm. La viruta que desprende sirve de referencia del estado de la madera: si desprende serrín normal la madera está sana, si al sacar la broca queda pegado el serrín en forma de pasta o si queda pegado a las hélices de la broca, significa que estamos ante un ataque de insecto xilófago, faltando por determinar cuál es. Debemos tener en cuenta que se trata de un método intuitivo, en el que prestaremos principal atención a la presión que hagamos en cada momento para perforar, pues si encontramos una zona afectada la broca penetrará con mayor facilidad.

4.3 EVALUACIÓN Y TESTEO

4.3.1 HUMEDADES

Comenzamos la inspección visual de la vivienda y rápidamente encontramos síntomas de humedades.

Observamos un punto aparentemente el más afectado por las humedades, ya que los signos de destrucción son evidentes y se muestran en un avanzado estado.





En la imagen, se aprecia claramente la decoloración del paramento y la arenización del mismo (huecos y abultamientos del paramento).



En la Cocina de la Planta Baja, encontramos una baldosa cerámica del pavimento levantada, efecto resultante del hinchamiento de la base de mortero a causa de la humedad capilar.

Observamos detalladamente cómo dicho hinchamiento ha fracturado la baldosa.

En esta otra imagen se observa la arenización del mortero y la exfoliación del acabado de pintura. Es un principio relacionado por la humedad capilar y presencia de eflorescencias y/o criptoeflorescencias.



Además tenemos un efecto similar en el intradós del muro de fachada interior en la Cocina, los azulejos se han fracturado por el efecto que la humedad ha provocado en la garra del cerco de la carpintería. Al ser metálica la humedad ha iniciado un proceso de oxidación que se manifiesta mediante un aumento de volumen del elemento metálico que provoca un empuje en el revestimiento cerámico que no es capaz de absorber y finalmente se rompe.

Seguimos en el Salón-comedor, comprobamos con el humidímetro que en todos los muros tenemos humedades. Mostramos las fotografías de los puntos más dañados.



Lo que más llama la atención es la arenización del paramento con una pérdida evidente de espesor del revestimiento, como se aprecia en las imágenes anteriores.

Tras comprobar con el humidímetro que todo el interior de la vivienda tiene presencia de humedad, se decide aportar al estudio datos más precisos con la ayuda de una cámara termográfica, además de la realización de un mapeo representativo de la mayor parte de los muros de carga de la vivienda.

4.3.1.1 CÁMARA TERMOGRÁFICA

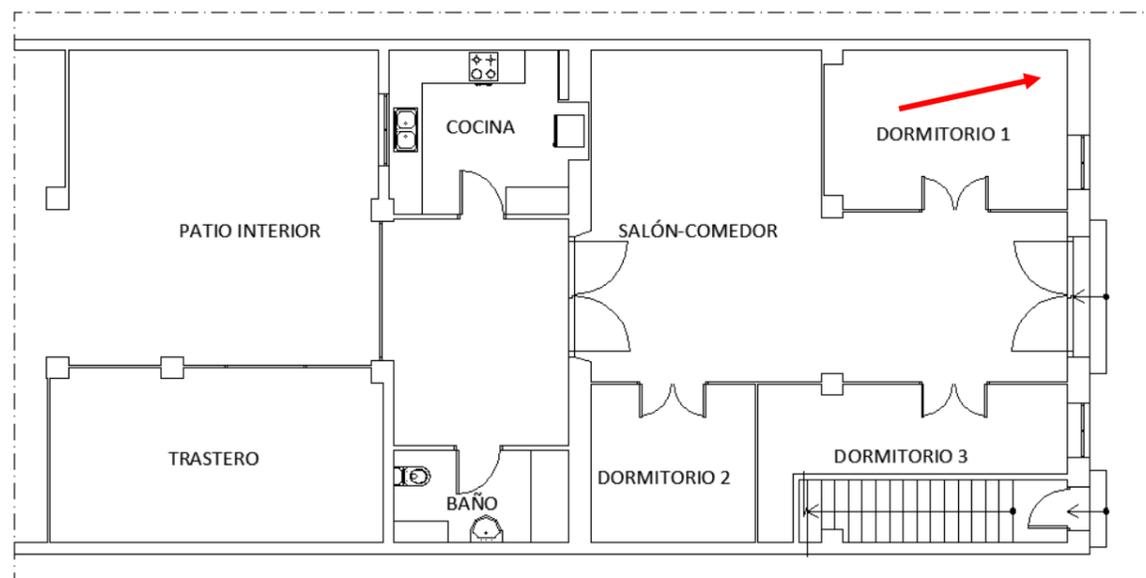
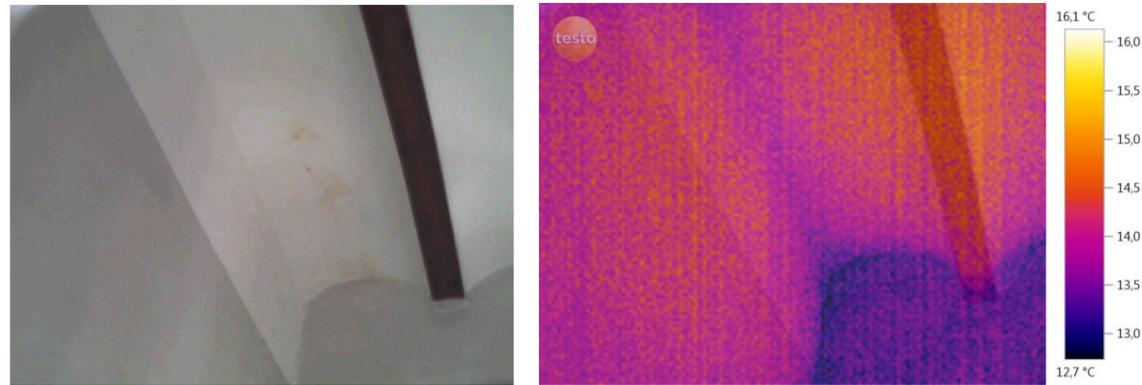
La **termografía** mide la temperatura superficial de cuerpos u objetos, basada en la radiación por infrarrojos. Las **cámaras termográficas** pueden convertir las radiaciones infrarrojas en señales eléctricas y, por tanto, hacerlas visibles.



Imagen del equipo

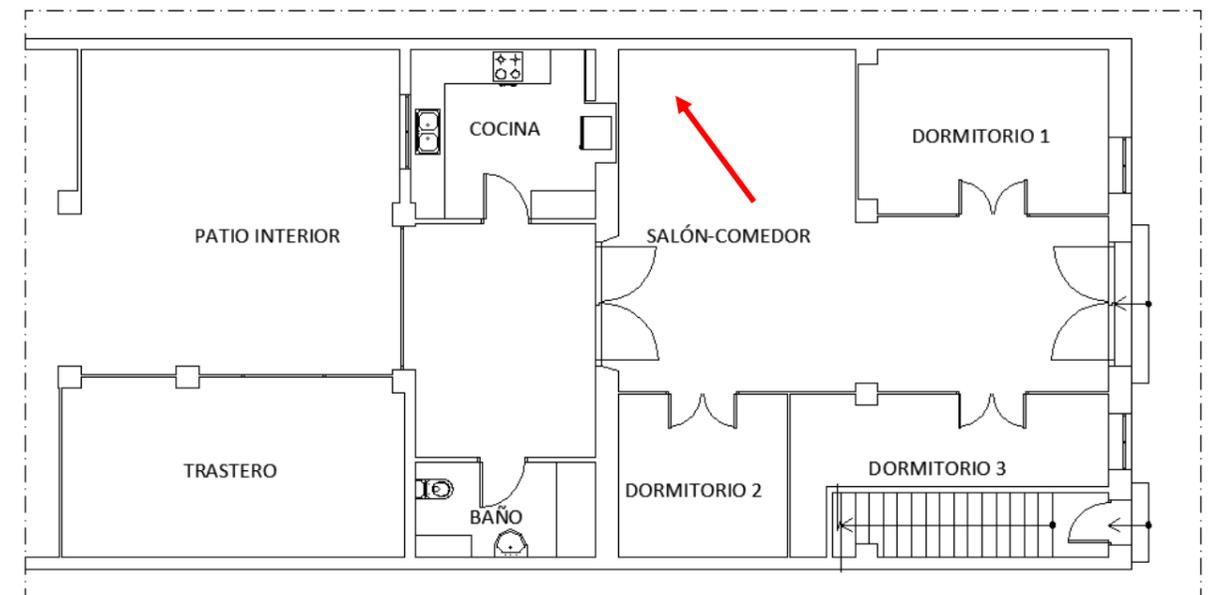
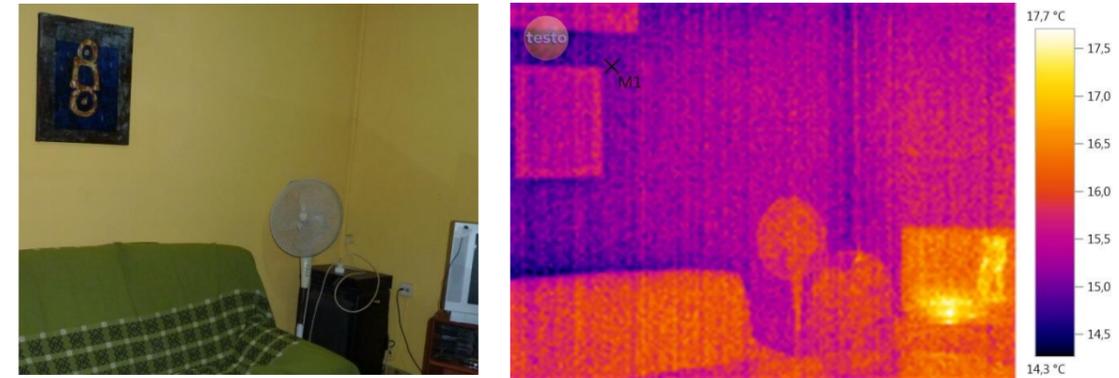
Comenzamos con la interpretación de las fotografías tomadas con la cámara termográfica realizadas a varios de los paramentos de las estancias de la vivienda:

—**Dormitorio 1:** trasdós de muro de carga de fachada.



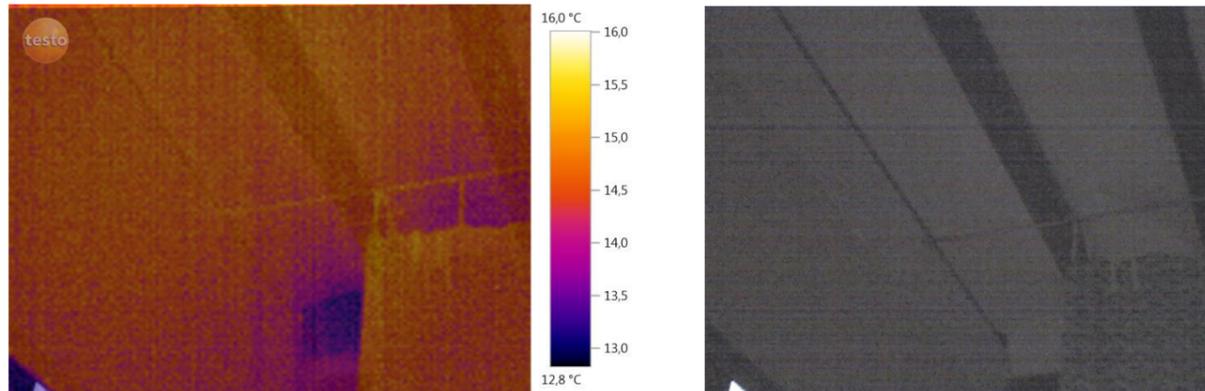
Se observa cómo en el paramento del fondo, la temperatura es menor y, por lo tanto, nos advierte de la presencia de humedad. Con la ayuda de los propietarios llegamos a la conclusión de que la presencia de humedad se pudo deber a una avería de la bajante de aguas pluviales que pasa por detrás del paramento (en la fachada del edificio). Además, el muro está expuesto a las inclemencias meteorológicas y no está protegido de la lluvia (tratamiento hidrofugante).

—**Salón-comedor:** paramento que separa el Salón-comedor de la Cocina.

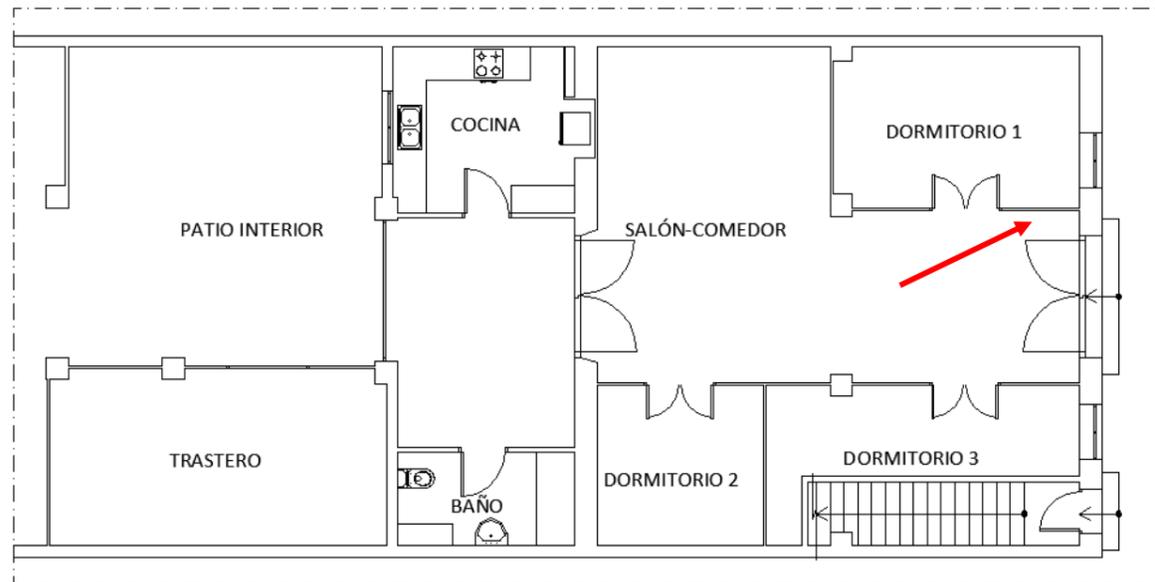
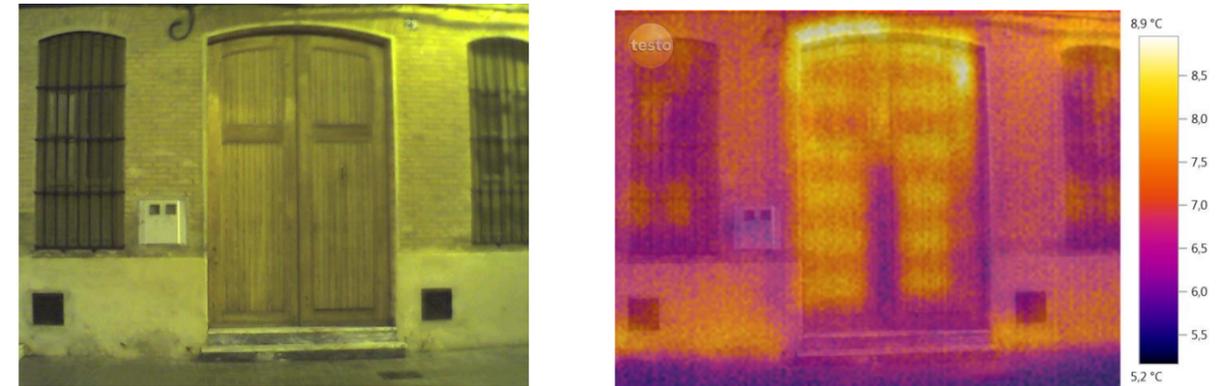


Se advierte el descenso de temperatura en el encuentro del muro de carga con el muro medianero. Se puede concluir que existe humedad en el paramento, mientras que visualmente no se aprecia.

—Entrada vivienda: trasdós del muro de carga de fachada.



—Fachada Principal de la vivienda:

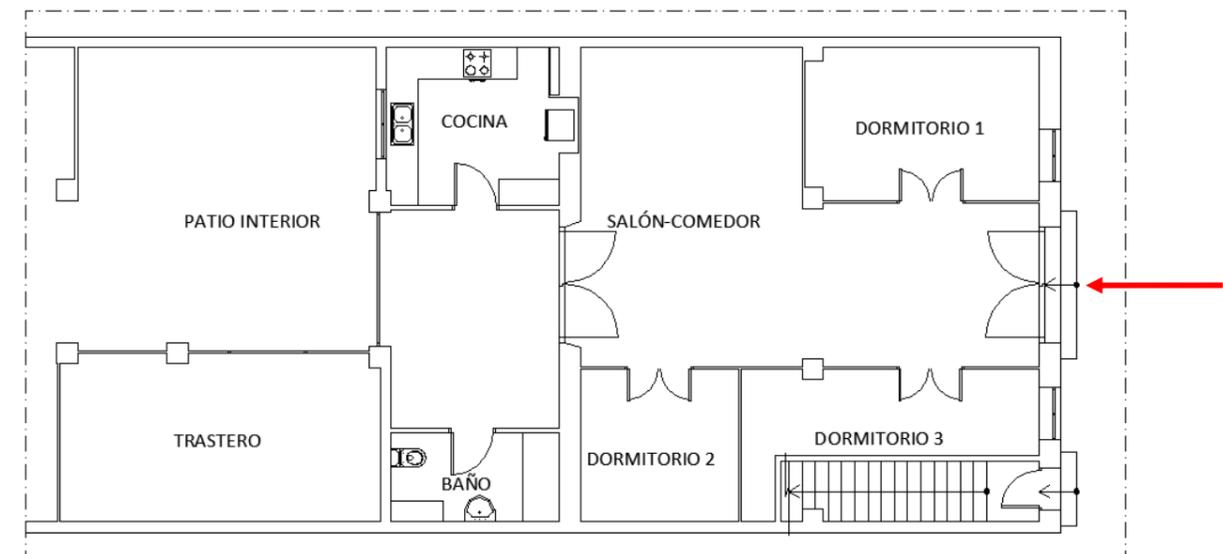


Observamos un descenso de temperatura en dicho paramento, por lo tanto, presencia de humedad. Esta humedad se debe con toda seguridad a que el muro está expuesto a los agentes meteorológicos adversos.

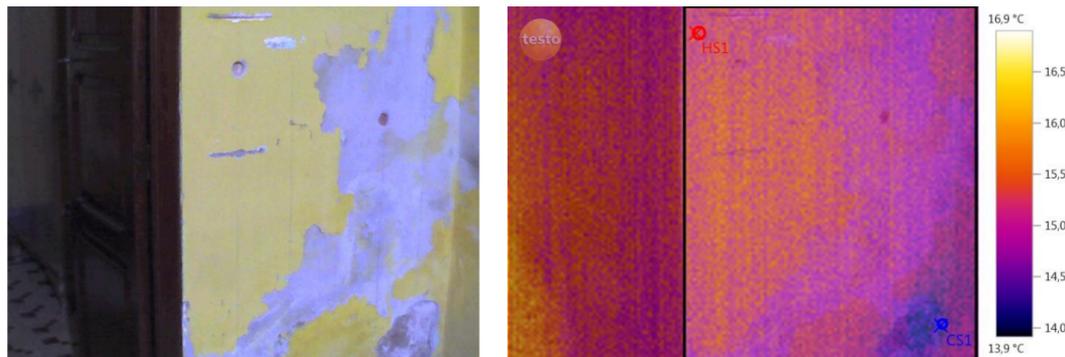
En esta fotografía debemos despreciar las temperaturas más altas procedentes de la puerta principal y de las ventanas, ya que responden a los puentes térmicos que permiten la transmisión de la temperatura interior al exterior.

Por otro lado, se observa claramente el descenso de temperatura que existe por la parte baja de la puerta y, sobre todo, en la parte más baja del zócalo. Este punto, por estar en contacto directo con el terreno, tiene problemas por capilaridad y además una mayor absorción del agua de lluvia cuando esta se produce.

La parte central del zócalo aparece con mayor temperatura debido al paso de la conducción y registro de agua potable (el movimiento del agua en el circuito, produce un aumento de la temperatura por el rozamiento de las partículas).



—Paramento **Salón-comedor** con Baño.



Se advierte cómo hacia la parte inferior de la esquina el ataque es más evidente, asimismo se corresponde que el punto con mayor disgregación del mortero es el de menor temperatura y, por lo tanto, el que mayor grado de humedad contiene.

Del sistema de detección mediante cámara termográfica podemos concluir lo siguiente:

- Con la superposición de fotografías reales y las termográficas obtenemos datos fiables de la temperatura de los diferentes puntos que queremos analizar.
- En el caso de este estudio, las diferencias de temperatura nos muestran puntos afectados por la humedad que no pueden ser perceptibles a simple vista, permitiéndonos conocer cómo se comporta cualquier superficie de un paramento.
- Al mismo tiempo nos deja analizar un punto conflictivo en el sentido de que puede haber alguna instalación de suministro o evacuación de aguas que nos esté ocasionando problemas por infiltraciones.

4.3.1.2 EJECUCIÓN DEL MAPEO DE HUMEDADES

Se realiza un mapeo de humedades para conocer el comportamiento de los muros, de fábrica de ladrillo cerámico recibido con morteros de cal y enlucidos con yeso, frente a la humedad y poder así determinar su origen. Con esto queremos averiguar si se trata de humedades capilares que transmite el terreno a la estructura de la vivienda, o si existe algún punto con humedades excesivas, pudiendo tratarse en este último caso, de alguna fuga de las instalaciones de fontanería o de la red de saneamiento de la vivienda.

En primer lugar se realiza un **plano en alzado de los paramentos a estudiar**, se opta por analizar los muros de carga de fábrica de ladrillo cerámico, porque las particiones interiores compuestas por el mismo tipo de ladrillo que los muros, colocados a panderete, van a sustituirse en la propuesta de intervención, por lo que es irrelevante. A continuación, se replantea en el plano realizado una red mallada que define los puntos en los que se ejecutará la toma de datos mediante el humidímetro (ver características del equipo en «Anexo III. Equipos de medición de humedades» página 116 del presente estudio), en el eje de abscisas se realizará cada 25 cm y en el de ordenadas, cada 25 cm (véase esquema de replanteo del mapeo de humedades *infra* página 50).

Una vez definidos los puntos, se efectúa un estadillo para la recogida de puntos, con tantas casillas como puntos vamos a tomar (véase estadillo de toma de datos en campo *infra* en página citada).

Seguidamente se lleva a cabo el trabajo de campo que comprende el siguiente procedimiento:

1. Preparación de una galga en la que anotaremos los puntos, que serán la referencia del eje de ordenadas de la malla, cada 25 cm y en la que adherimos un nivel de burbuja para sacar la plomada vertical.



- Se anotan en la parte baja del paramento, los puntos de las abscisas coincidentes con los planos realizados. Para ello se mide en el plano la distancia de inicio y se busca la correspondencia con la realidad.



- Una vez replanteados los puntos en el eje de abscisas, anotamos los puntos correspondientes en el eje de ordenadas. Para ello se sitúa la galga en un punto de los marcados en el eje de abscisas (1) y se nivela con la ayuda del nivel de burbuja (2) adherido, para conseguir la verticalidad deseada. Finalmente anotamos en el paramento la referencia mediante una cruz que marcaremos con lápiz (3). Realizamos la marca con lápiz para minimizar los daños estéticos, ya que la cruz realizada es de reducidas dimensiones, evitando así la señal con tiralíneas que ocasionaría molestias a los propietarios durante el transcurso del estudio.



1

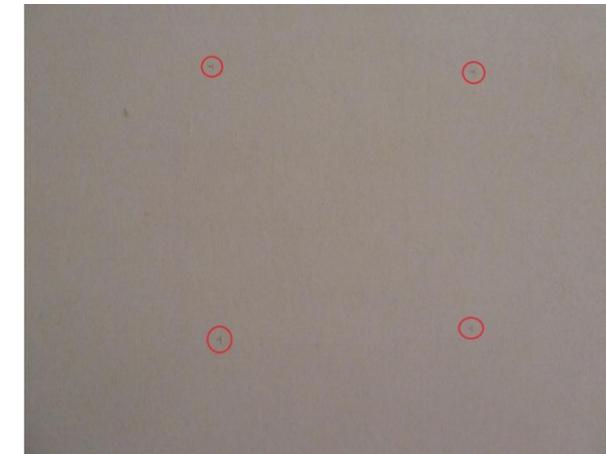


2

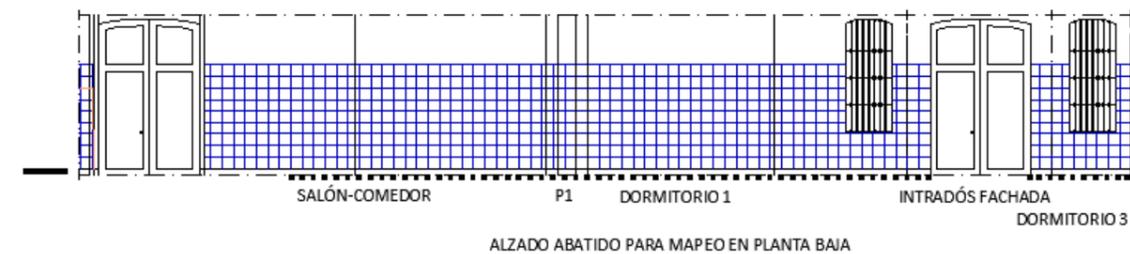


3

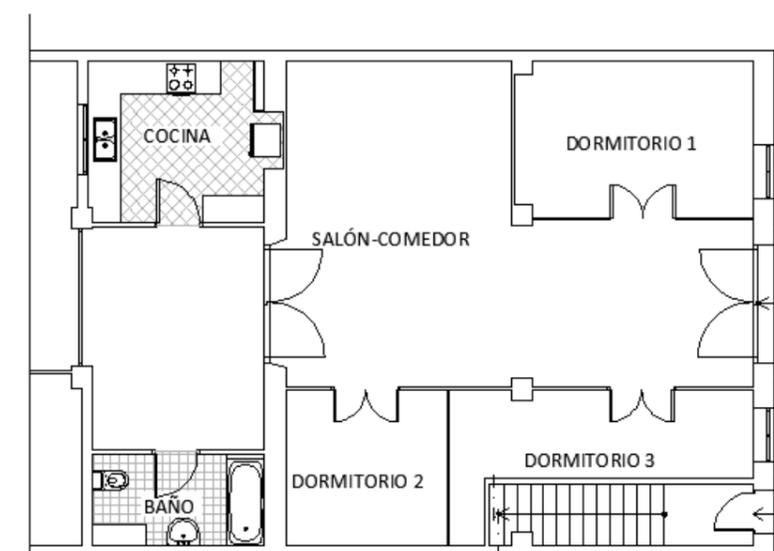
- Repetimos la operación hasta completar todos los puntos estudiados en el plano de replanteo de humedades, consiguiendo así marcar la malla de puntos en el paramento deseado.



El resultado que buscamos es plasmar la red mallada que a continuación se muestra, en el paramento, de tal modo que tengamos una referencia del trabajo de campo en la que analizar los resultados.



ALZADO ABATIDO PARA MAPEO EN PLANTA BAJA



Una vez marcada la malla en el paramento, tomamos los datos de humedad con la ayuda del humidímetro. Este equipo nos facilita la información referente al contenido de humedad de la madera (la información de las características del equipo pueden consultarse en el «Anexo III. Equipos de medición de humedades» del presente trabajo página 116). Debemos tomar datos con el equipo en cada uno de los puntos marcados en la red mallada del paramento, para ello debemos pinchar con las espigas del equipo en la superficie del mismo. En este caso, queremos obtener resultados del contenido de humedad del paramento, con lo deberemos realizar una extracción de muestras para analizar el contenido de humedad de las mismas y extrapolar los resultados obtenidos a los datos obtenidos con el humidímetro, como veremos en el apartado 4.4.1 Mapeo de humedades (página 72).



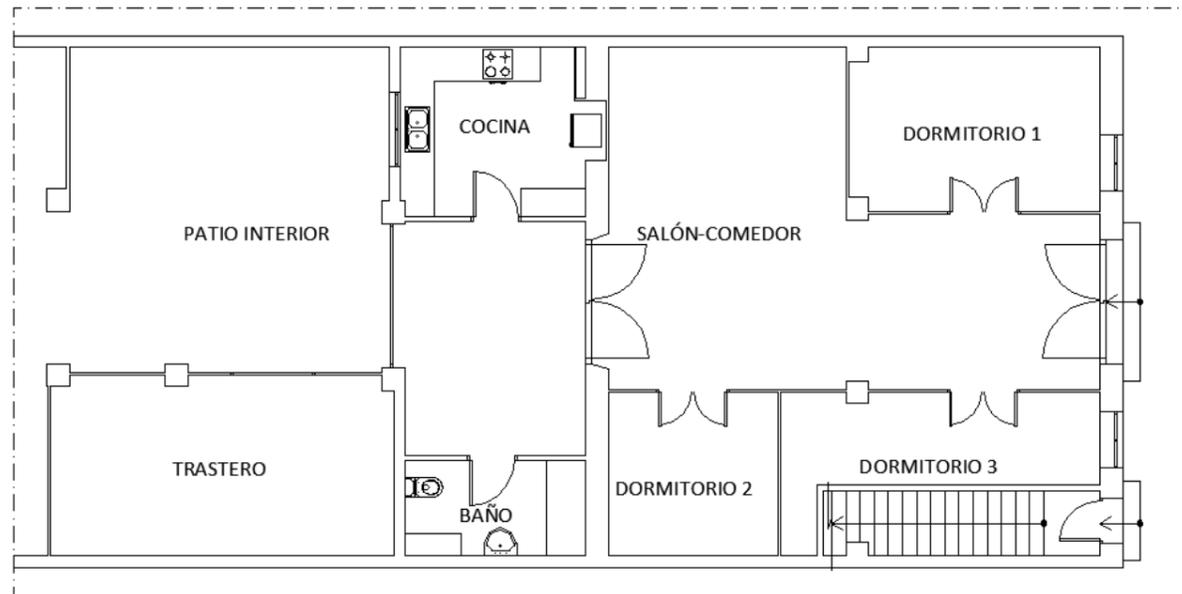
Equipo de toma de datos

Introducimos los datos obtenidos a la tabla de Excel que previamente hemos confeccionado, con lo que obtendremos una malla de puntos de humedad de la superficie de los paramentos referente al contenido de humedad de la madera.

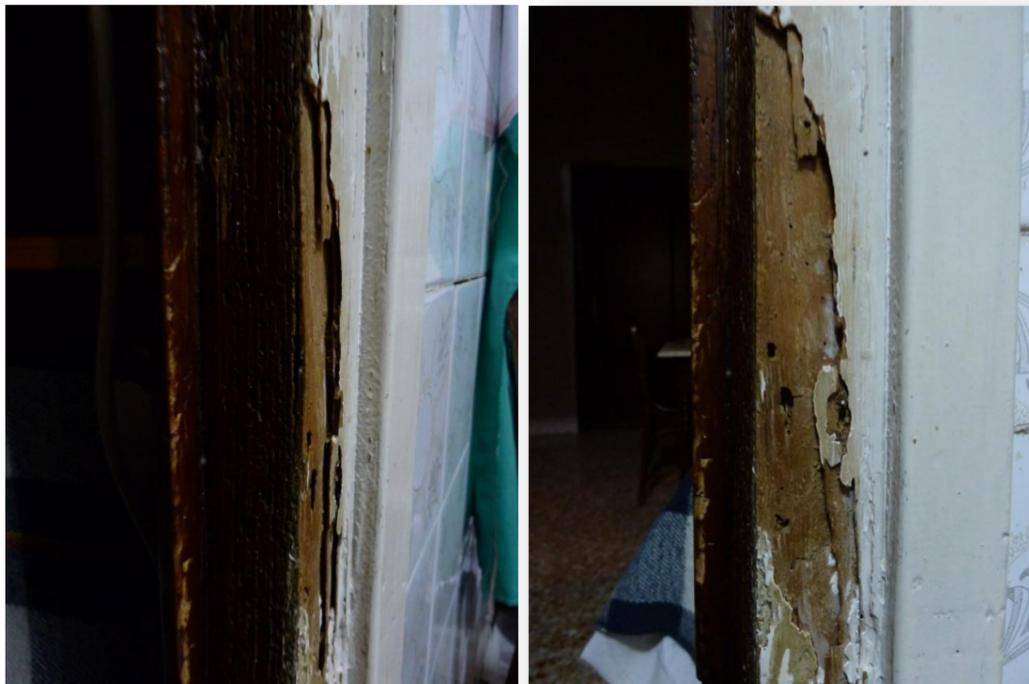


4.3.2 INSECTOS XILÓFAGOS

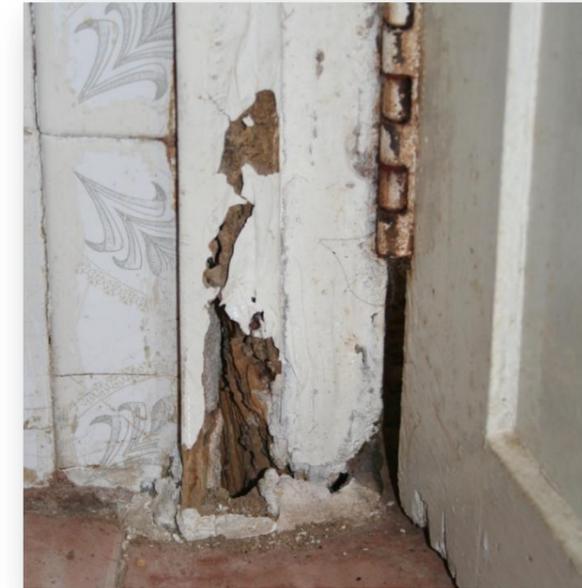
Realizamos los procedimientos, como anteriormente hemos indicado, empezando nuestro análisis de forma piramidal.



Empezamos por la **Cocina**. El punto aparentemente más afectado ya que los signos de destrucción son evidentes y se muestran en un avanzado estado. Identificamos rápidamente que se trata de termita, pues observamos la destrucción casi total de la madera, con la formación de hojas de libro. Vemos también cómo han dejado una fina capa de madera superficial para ocultarse de la luz solar.



Aquí nos encontramos con el punto de acceso de las termitas. Ascenden desde la solera realizando su ataque desde la parte inferior, llegando hasta la parte superior del marco.



Además, en las siguientes imágenes apreciamos restos de tierra en la madera que es arrastrada por la termita desde el terreno para reforzar las capas superficiales debilitadas con el fin de cubrirse de la luz solar.



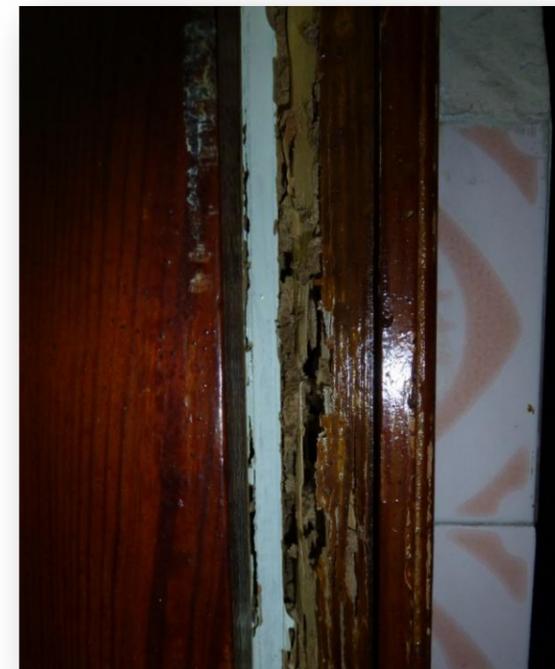
También observamos cómo el marco está afectado por carcoma común de los muebles, pues tiene perforaciones de entre 1,5 y 3 mm, de forma circular y en cantidad abundante porque durante su vida entra y sale de la madera.



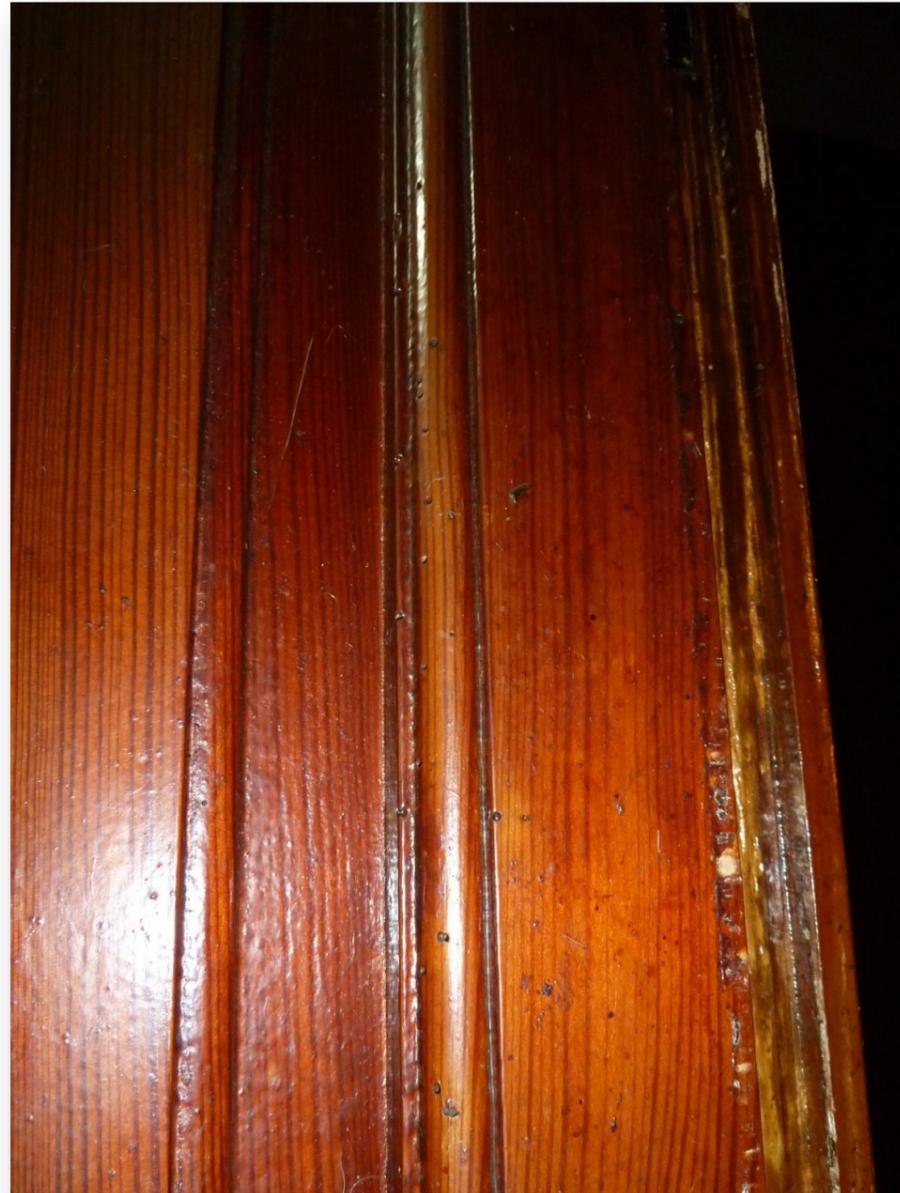
En esta imagen vemos más de cerca el daño provocado y los signos que la termita deja a su paso: destrucción total de la madera formando galerías paralelas a la dirección de las fibras (dejando finas capas: hojas de libro), restos de arena que la termita arrastra desde el suelo para reforzar las paredes más debilitadas con la intención de protegerse de la luz solar, restos de serrín y hongos de Pudrición Parda propiciados por la humedad que deja la termita en su ataque (puerta de Cocina).



En esta otra fotografía se observa cómo la capa superficial ha quedado debilitada sufriendo una abolladura considerable (puerta de Cocina).



En la siguiente imagen apreciamos la importancia del ataque, pues ha destruido totalmente el marco de la puerta de la Cocina.



Asimismo observamos que la hoja de la puerta no está afectada por la termita (porque la vibración producida en el movimiento de abrir y cerrar las incomoda), pero, sin embargo, está dañada por la carcoma común de los muebles (extradós de la puerta de la Cocina).



Observamos el mueble despensa de la Cocina, la parte inferior más cercana al suelo. Vemos marcas evidentes del ataque de la termita, donde prácticamente no queda madera.



El mueble está destruido y no queda prácticamente madera sana en esta estancia.

Continuamos el análisis en la Cocina por el único mueble de madera que queda en pie, ya que el resto de mobiliario ha sido devastado y cambiado por muebles de albañilería.

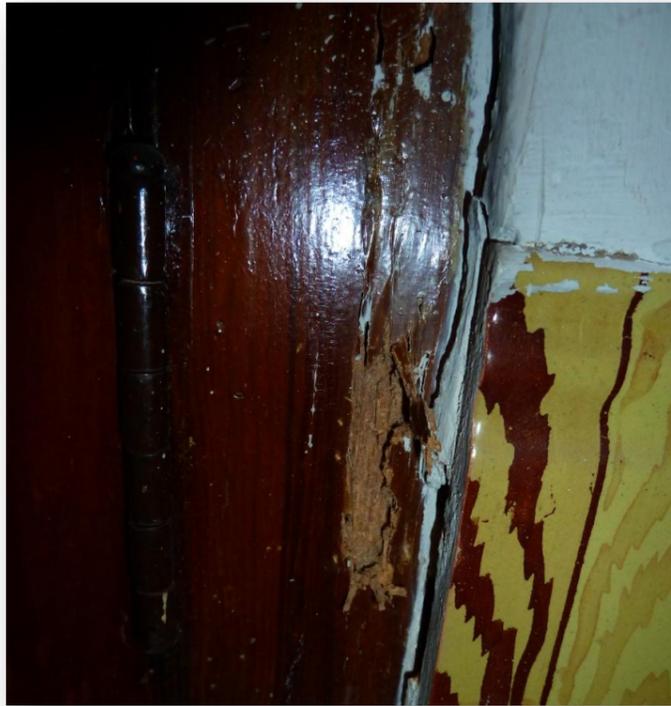
Además tenemos presencia de carcoma común de los muebles en puertas y cajones (mueble despensa de la Cocina).



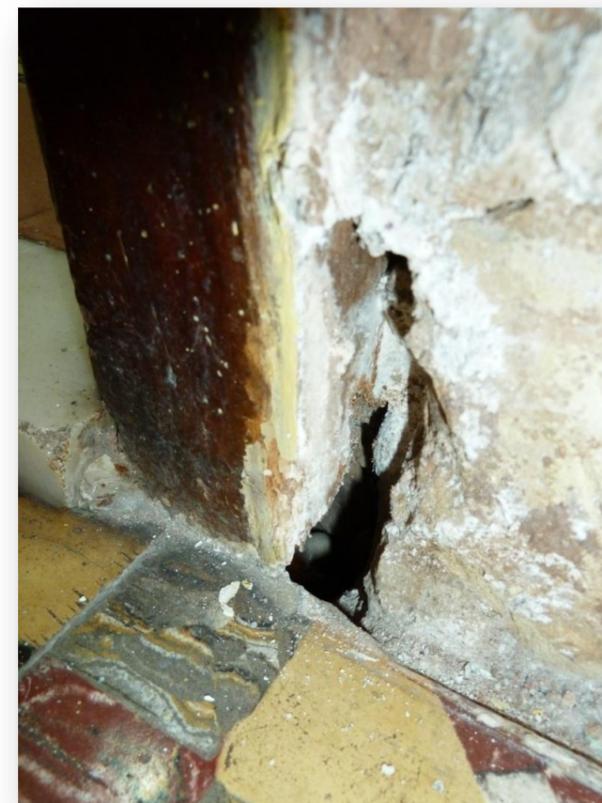
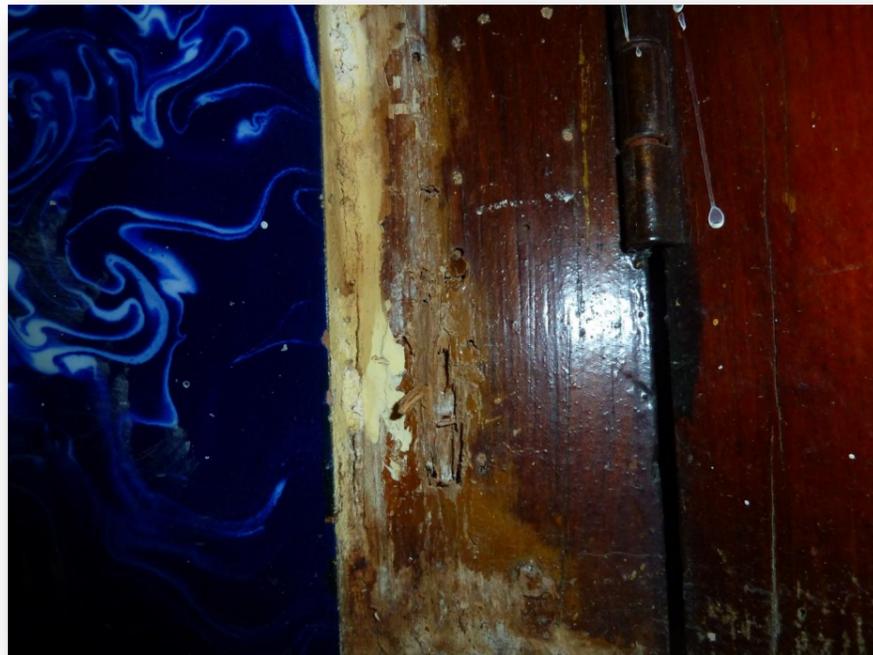
Continuamos la auscultación de la vivienda en el **Baño**, pues el único elemento de madera que tenemos es el premarco de la puerta, los tapajuntas y la hoja. Esta puerta ha sido renovada porque la anterior sufrió el ataque de la termita y peligraba su estabilidad. Vemos que ha sido nuevamente infestada y recientemente, pues empieza en la parte inferior y solo alcanza unos 15 cm desde la superficie del solado.



Imágenes de la puerta del Dormitorio 2.



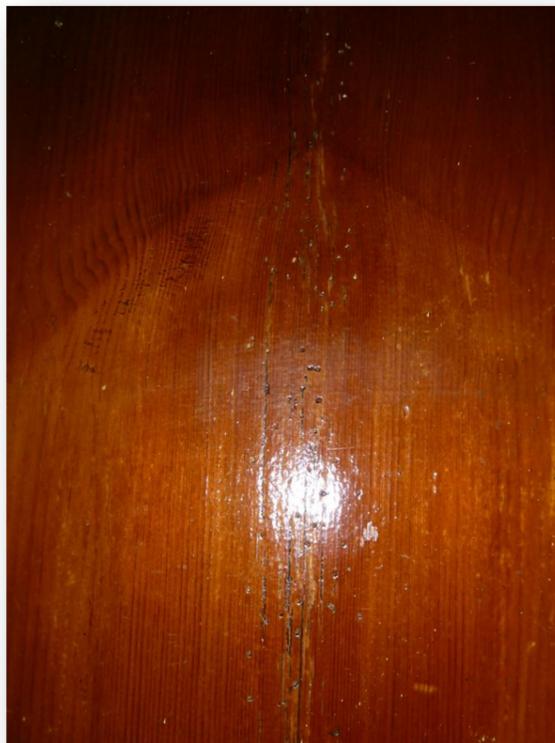
Imágenes puerta del Dormitorio 1.



En esta fotografía, (puerta del Dormitorio 2) observamos el vacío que existe bajo el marco, zona de ascensión de las termitas y posible lugar para la consolidación de un termitero.



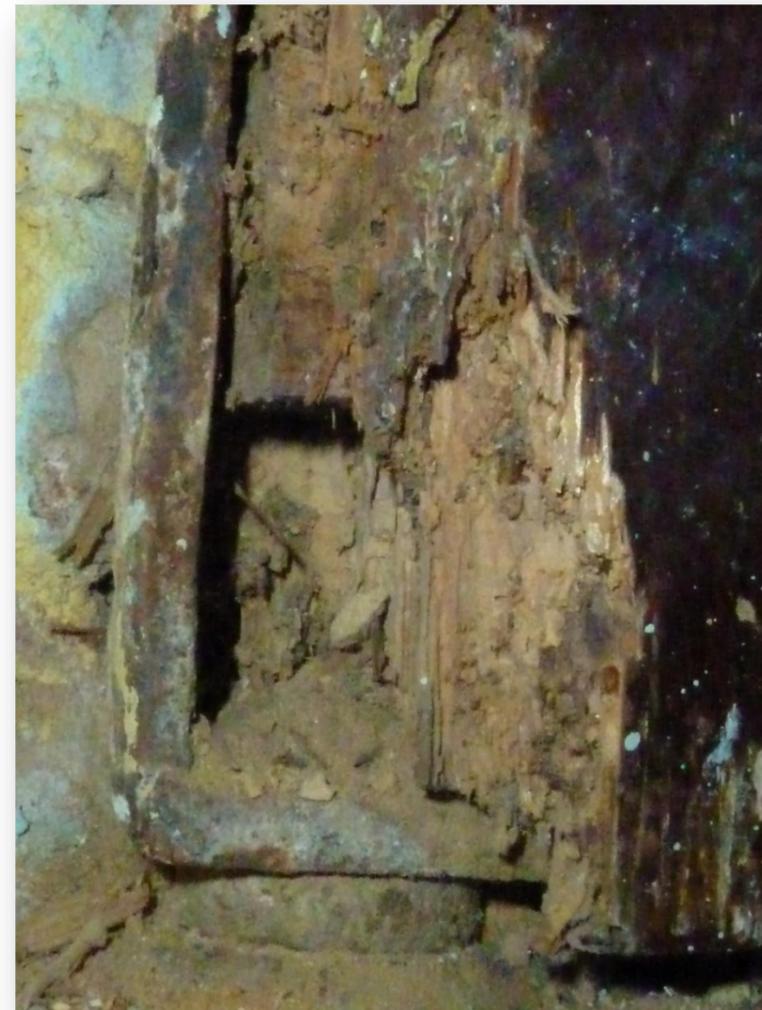
Imágenes de la puerta del Dormitorio 3.

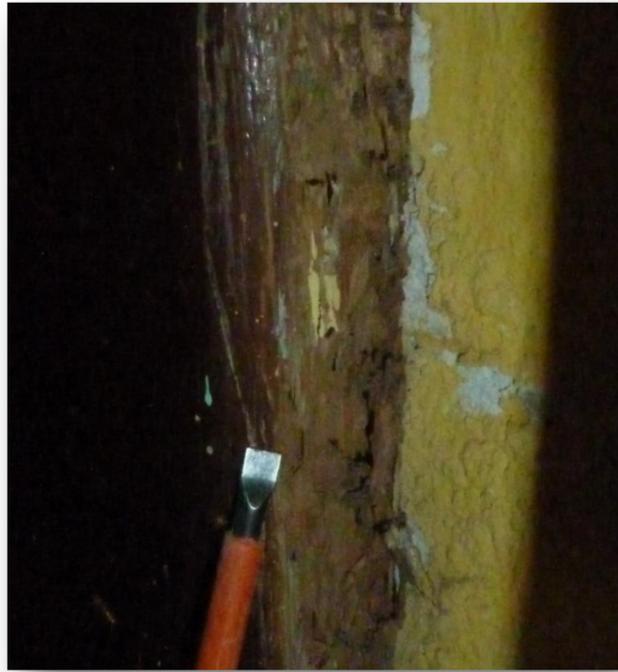


Como hemos mencionado anteriormente, las hojas de las puertas están afectadas por la carcoma común de los muebles.

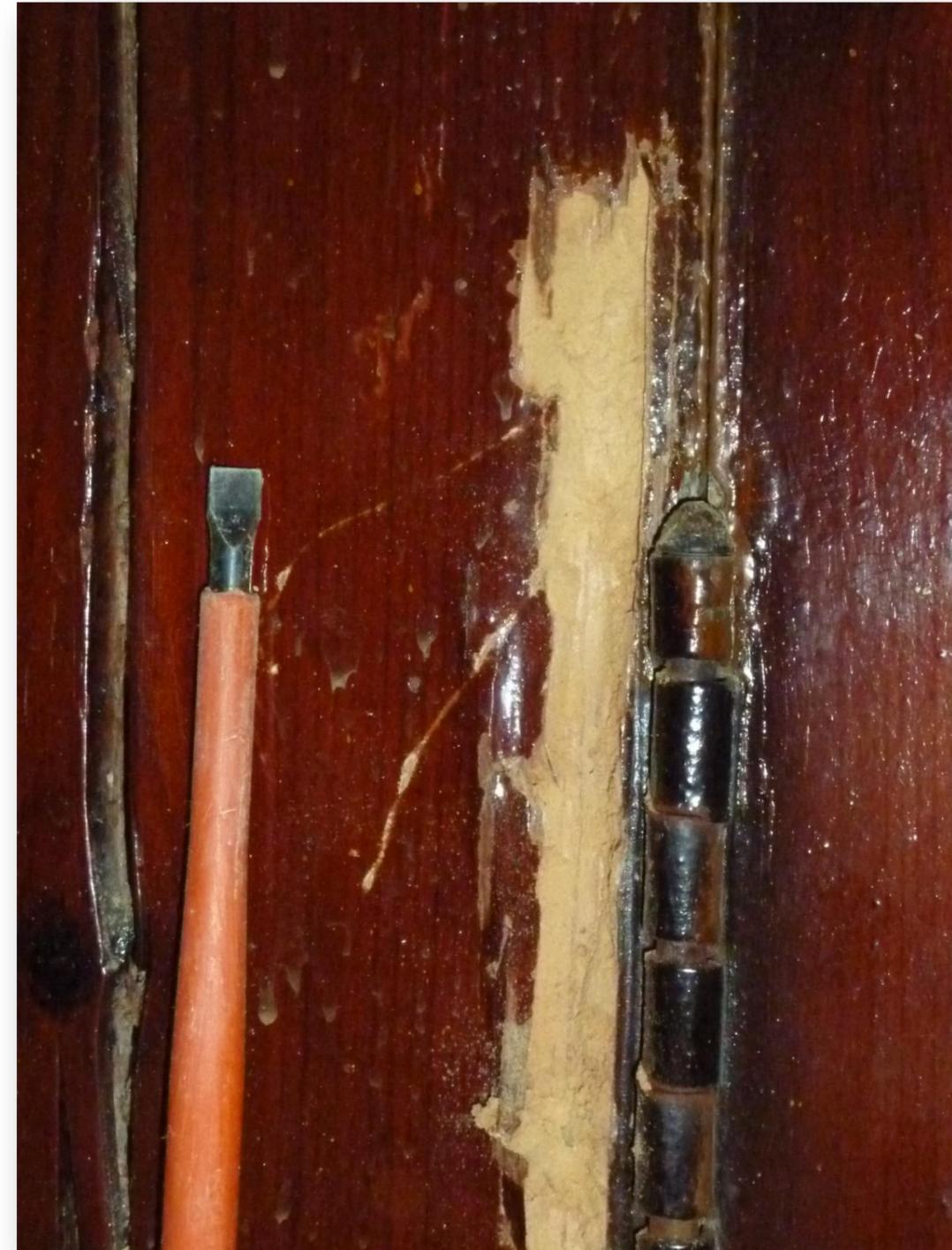
A continuación analizamos la puerta que comunica el Salón-comedor con la Cocina y Baño, ya que puede ser un punto de contagio hacia la estructura, pues llega prácticamente hasta las viguetas.

Realizamos una inspección visual y detectamos el ataque de carcoma común de los muebles por la abundancia de perforaciones de pequeño diámetro. Seguimos observando y hallamos en la parte inferior, tanto en los dos extremos como en el encuentro con el solado, restos evidentes de la destrucción provocada por la termita, ya que descubrimos restos de tierra en las galerías paralelas a las fibras. Sorprendentemente el ataque cesa a una altura aproximada de 50 cm.

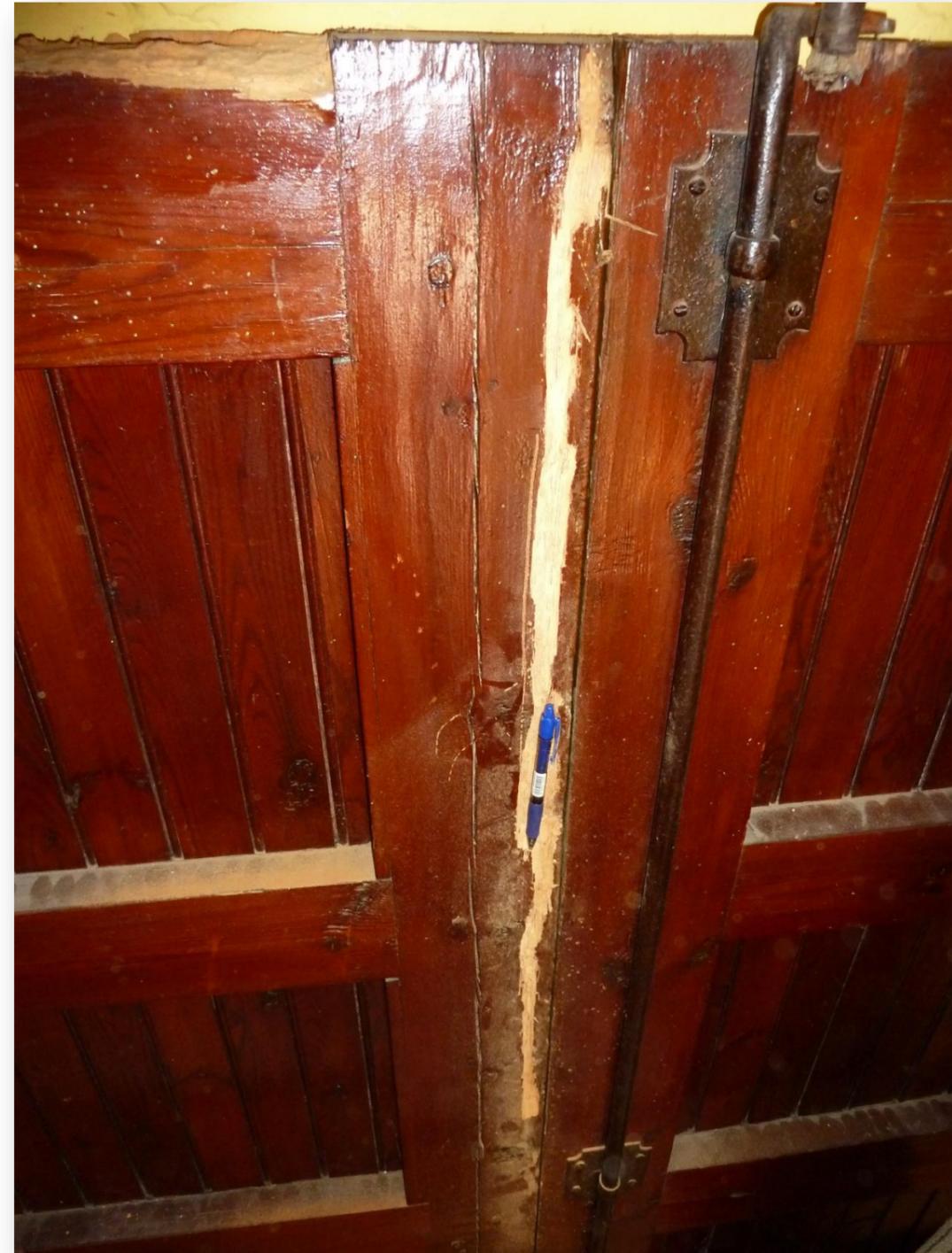
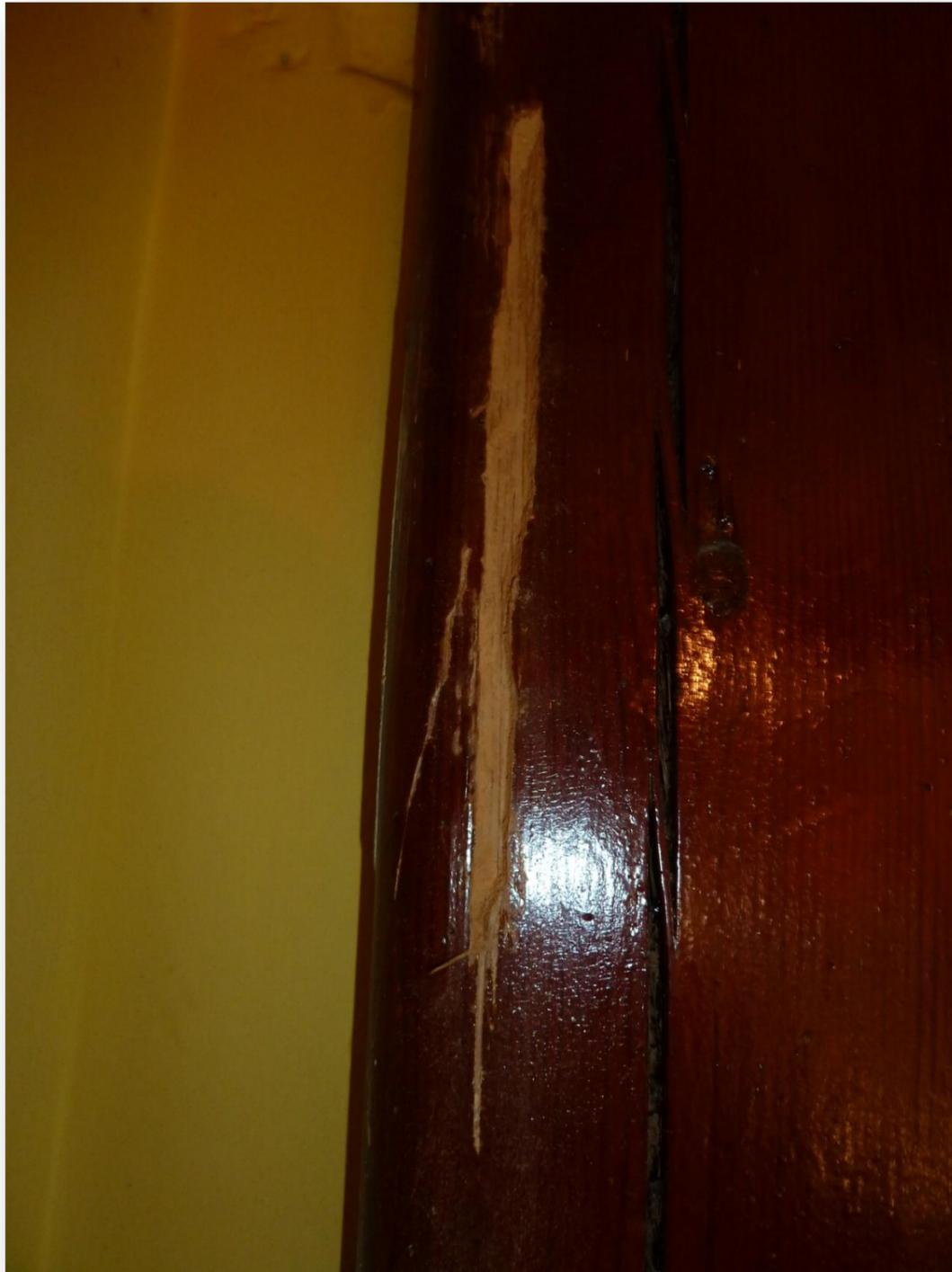




Seguimos la auscultación dando golpes con el martillo de goma, de forma ascendente y escuchamos ruidos sordos, indicios de alguna anomalía. Raspamos la zona con la ayuda del destornillador y advertimos una amplia galería llena de serrín bastante seco y limpio, por lo que deducimos que se trata de carcoma grande (*Hylotrupes bajulus*).



Continuamos con la comprobación y vemos que el ataque es múltiple y la puerta, en concreto la hoja izquierda, está bastante afectada.



Como podemos comprobar el ataque llega hasta la parte superior, siempre paralelo a las fibras, como acostumbra a hacer la carcoma grande. En la imagen superior la longitud de la galería es de 1,15 m.



En este extremo descubrimos el encuentro lateral con el muro de carga e inspeccionamos visualmente el interior con la ayuda de una linterna, aparentemente la madera está sana sin ninguna evidencia de alteraciones.

Continuamos ascendiendo para comprobar el dintel. En primer lugar corroboramos el grado de humedad, ya que apoya 45 cm sobre el muro de carga, y varía entre el 8-12 % (nota: el grado de humedad en el muro llega hasta la cara inferior del dintel con un 8 %, a una altura de 3,50 m). Advertimos la presencia abundante de fendas (defecto de la madera). Seguimos con la inspección visual y hallamos perforaciones de pequeño diámetro y en gran cantidad, lo que nos indica que también tenemos carcoma común de los muebles en toda su longitud. Golpeamos con el martillo y oímos sonidos sordos en los apoyos del dintel con el muro, sin presencia aparente de ninguna alteración. Por precaución realizamos 3 perforaciones con la taladradora con la broca de doble hélice de $\varnothing 5$ mm: en ninguna de ellas podemos penetrar más de 2 cm porque sale humo de la punta y la broca se extrae con restos de serrín quemado. Además, la perforación se realiza con presión constante de forma correcta.

Deducimos que la madera, con la presencia de carcoma común antes mencionada, en la parte más favorable (esquinas) tiene aproximadamente 2 cm de albura y el resto en la parte interior es duramen, por lo tanto es difícil que encontremos termita o carcoma grande ya que se alimenta de albura y esta es prácticamente nula.





Comprobamos la puerta principal y vemos que tiene un aspecto intacto, sin carcoma común. Realizamos una auscultación con resultado satisfactorio. Ascendemos al dintel, realizamos una inspección ocular y encontramos carcoma común, también advertimos la presencia de perforaciones ovaladas de $\varnothing 6,1$ mm. Realizamos una auscultación en la que detectamos sonido sordo del martillo, taladramos y conseguimos penetrar la broca 4 cm, quedando restos de pasta de serrín en ella.



Deducimos que se trata del ataque de carcoma grande.

Solo nos queda por analizar las ventanas de la fachada exterior antes de pasar al forjado. En las dos obtenemos un resultado muy similar, ya que ambas están infectadas por carcoma común de los muebles y carcoma grande.

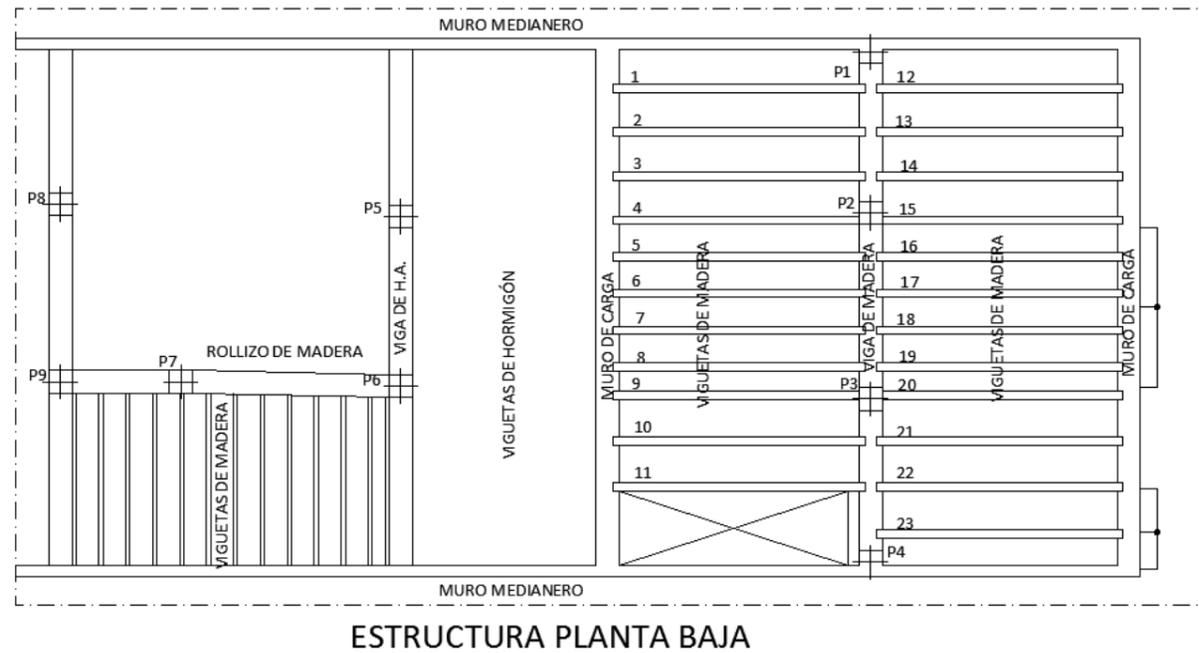


Ventana Dormitorio 1



Ventana Dormitorio 3

Continuamos nuestro análisis con el primer forjado, de vigueta de madera y revoltón, prestando mayor interés por ser el elemento estructural y en caso de estar afectado por termita o carcoma grande la intervención tendría una mayor relevancia, con lo que podría suponer mayor coste económico. Adjuntamos plano de estructura para su interpretación.



Vigueta 1: auscultación correcta con golpes de martillo de sonido agudo que indican tensión y por lo tanto estado de carga, sin ningún sonido sordo o hueco. Afección de carcoma común en toda la superficie de la vigueta ($\varnothing 1,8$ mm). Pandeo poco significativo.

Vigueta 2: auscultación con un ruido sordo en el inicio de la vigueta, en el encuentro con el muro. Realizamos dos perforaciones con la taladradora con resultado satisfactorio, pues la madera está maciza y no podemos penetrar más de 1,5 cm, no advertimos restos de pasta de serrín en la broca ni ninguna anomalía.



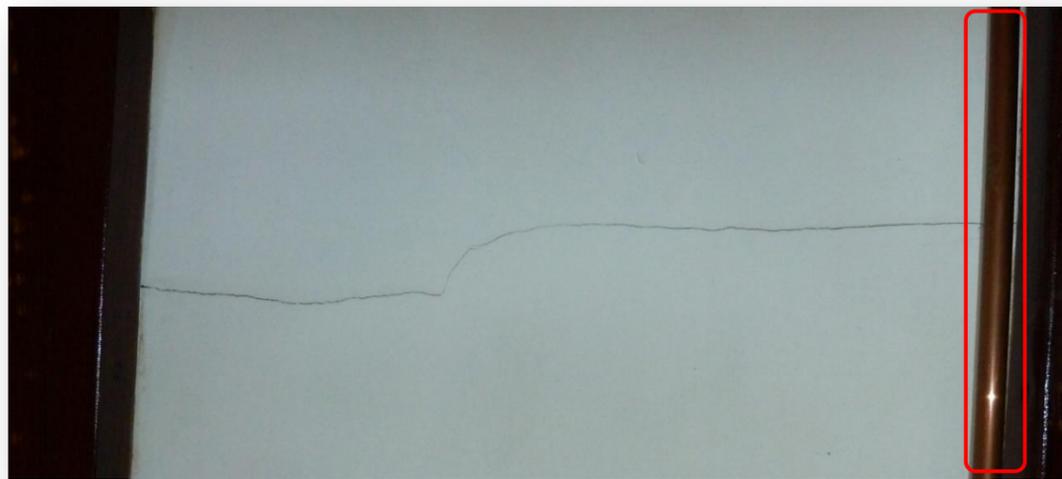
Seguimos con la auscultación con resultado aceptable pero efectuamos una segunda perforación al visualizar una grieta en la bóveda.



Realizamos la perforación y no percibimos ninguna rareza. La vigueta está afectada por carcoma común de los muebles en toda su longitud y presenta un pandeo poco significativo.

Vigueta 3: auscultación normal sin variación de sonido. Superficialmente detectamos perforaciones de carcoma común, pero la vigueta parece sana y en estado de carga correcto, con un pandeo aceptable.

Vigueta 4: presencia de tubería de cobre para el suministro de agua fría que discurre paralela a la vigueta, por lo que intensificamos el análisis de esta vigueta. Comprobamos el grado de humedad de la madera y es inferior al 6% en toda su longitud. Auscultación normal en los dos extremos de la vigueta, con presencia de carcoma común en toda la superficie. Apreciamos una grieta que cruza la bóveda transversalmente y realizamos una perforación con la taladradora por precaución. Conseguimos penetrar 1,18 cm la broca en la madera con una presión continua y sin anomalías, por lo que llegamos a la conclusión de que la grieta está producida por el pandeo de la vigueta.



Vigueta 5: bóveda sana sin grietas, auscultación de la vigueta correcta, sin ruidos sordos ni huecos, en estado de tensión. Presencia de carcoma común en toda la superficie y pandeo moderado.

Vigueta 6: auscultación de la vigueta y presencia de sonido sordo a 50 cm del muro, realizamos perforación y no encontramos ningún indicio de anomalía: sin pasta de serrín en la broca ni suciedad en la misma. Continuamos el análisis y no encontramos signos preocupantes. Carcoma común en toda la superficie y advertimos un pandeo moderado con la vigueta algo revirada, causante de las múltiples fisuras de las bóvedas.



Vigueta 7: revirada y con pandeo considerable produce grietas longitudinales en las bóvedas que soporta. Superficialmente observamos carcoma común, auscultación correcta aunque encontramos un tramo en el que cae serrín en la junta de los cabios y la vigueta al golpe del martillo. Realizamos una perforación con resultado satisfactorio.

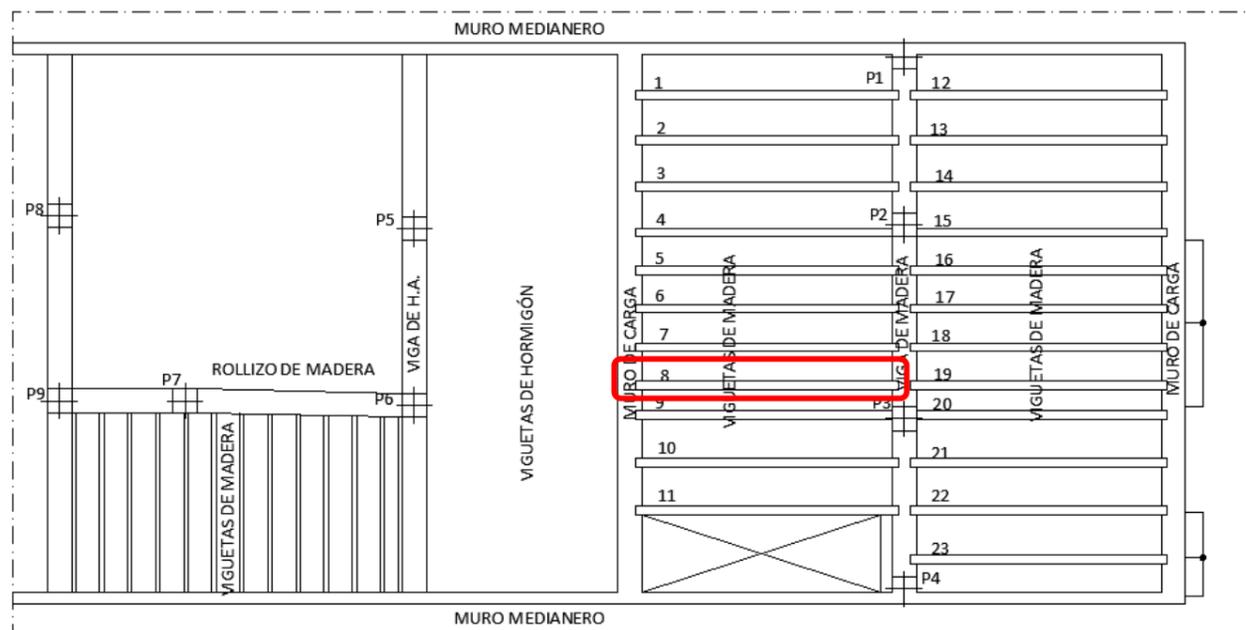
Vigueta 8: auscultación imperfecta. Detección de ruido sordo y acolchado. Realizamos una perforación con la taladradora y el resultado es defectuoso, pues la taladradora entra con facilidad en la superficie. Rascamos con el formón y descubrimos una galería de 1 cm de espesor aproximadamente con presencia de serrín limpio y seco, en sentido paralelo a las fibras con lo que deducimos que se trata de carcoma grande (la vigueta coincide con la hoja de la puerta afectada por carcoma grande antes mencionada, la que separa el Salón-Comedor de el Baño y Cocina).



Realizamos una segunda perforación en la galería para comprobar si las capas superiores están dañadas pero no podemos penetrar más de 1,5 cm, con lo que deducimos que la madera está sana.

Incrementamos precauciones en la siguiente auscultación pero no advertimos ningún síntoma de infestación. Carcoma común de los muebles en la superficie y pandeo evidente de la vigueta produciendo grietas en la bóveda.

Vigueta 9: superficialmente vemos carcoma común, auscultación correcta aunque observamos que a través del apoyo de la vigueta con el muro han pasado una canaleta de PVC con cableado eléctrico y prácticamente está en el aire, sin descansar directamente sobre el muro y únicamente se sustenta apoyado en el tabique del Dormitorio 2 en el cabio.



ESTRUCTURA PLANTA BAJA



Vigueta 10: auscultación correcta con presencia de carcoma común.

Viga central: inspección visual con presencia de fendas en toda su longitud. Superficialmente encontramos carcoma común en toda su superficie. Procedemos a la auscultación, la viga está en tensión y maciza. Realizamos perforaciones en los encuentros con los pilares exteriores, a 45° e intentando penetrar en la parte embebida con el muro, pero la madera es tan maciza que la broca no alcanza los 2 cm de profundidad, huele a madera quemada y sale humo. Detectamos un sonido sordo en el encuentro con el pilar 3 y realizamos otra perforación, aunque con las mismas características que las anteriores. Deducimos que la viga está sana a excepción del ataque de carcoma común.

Auscultación correcta con presencia de carcoma común en las siguientes viguetas: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.

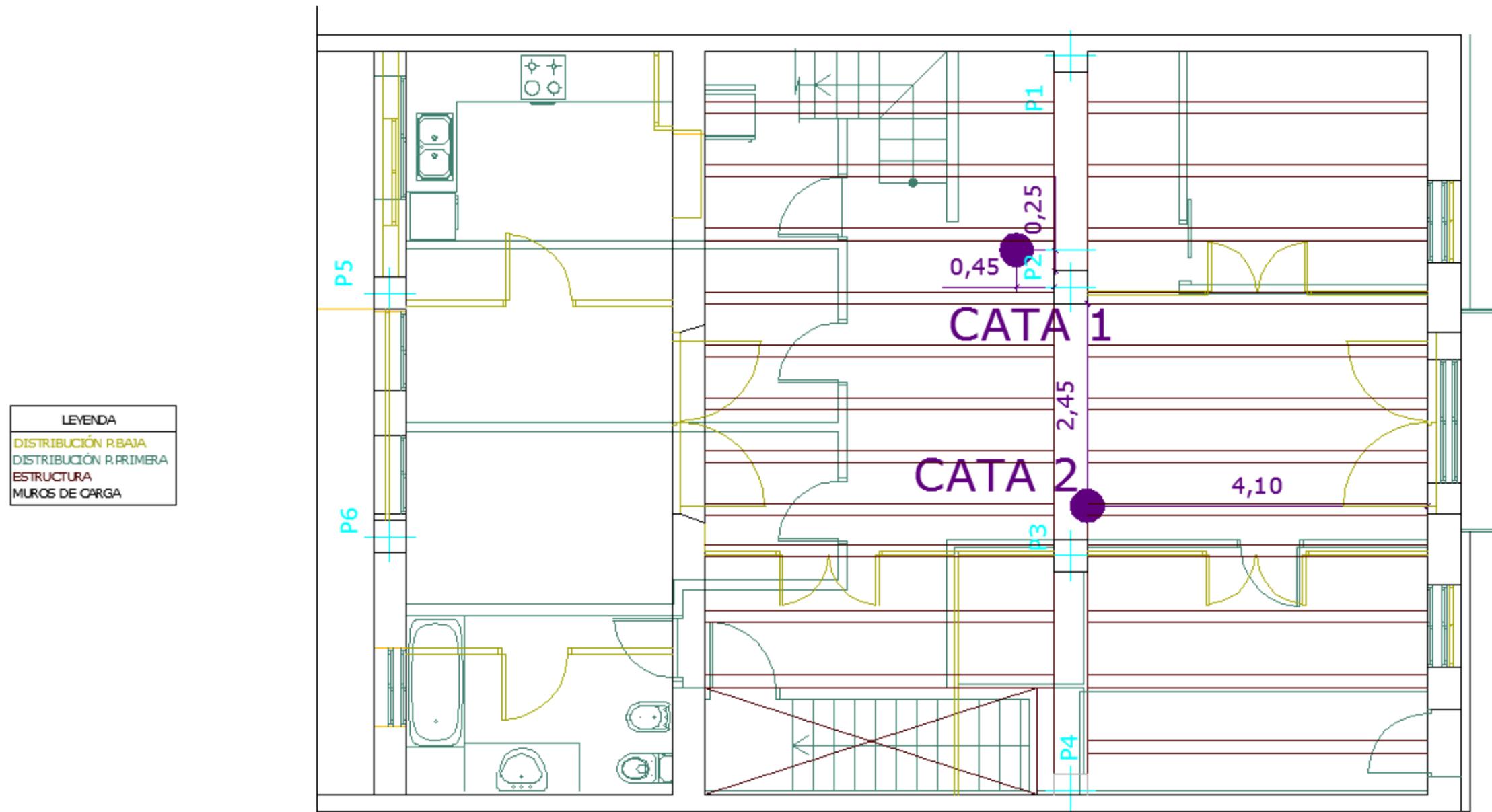
Aprovechamos para comprobar el estado de la cabeza de la vigueta en el encuentro del muro, por si tiene algún tipo de hongo de pudrición, pero observamos que la madera está perfectamente sana.



Una vez finalizado el análisis visual en Planta Baja, concluimos que la estructura leñosa del edificio está libre de termitas, no obstante encontramos una vigueta que se encuentra afectada por *Hylotrupes bajulus* (carcoma grande) y que el ataque de este insecto se encuentra en todos los marcos de las puertas. La auscultación de la estructura nos ha permitido comprobar que la parte vista de la misma se encuentra relativamente sana, para salir de dudas se decide realizar catas de investigación con el fin de corroborar el estado real de vigas y viguetas en las zonas ocultas. Para ello debemos levantar el pavimento de la Planta Primera hasta encontrar la cara superior de las viguetas mediante el siguiente procedimiento:

En primer lugar, se realiza un plano en el cual superponemos la estructura del forjado leñoso de Planta Baja con la distribución de Planta Baja y la de Planta Primera, con el fin de analizar las zonas más afectadas por termita en Planta Baja (los marcos dañados, por si cabe la posibilidad de que hayan discurrido las termitas hasta las viguetas más próximas) y encarar las catas en dichas zonas haciendo el menor daño estético en la Planta Primera (realizar las catas dónde queden ocultos por mobiliario o en zonas de menor tránsito).

Una vez estudiados los puntos idóneos para la realización de las catas, procedemos a su ejecución.



Las herramientas que utilizaremos en esta operación son las siguientes:

- Maceta.
- Cincel.
- Espátula.
- Catalana.

Además, para la reconstrucción de las zonas dañadas, se emplea:

- Capazo de goma.
- Grava.
- Árido fino.
- Cemento cola color blanco.

En primer lugar, despejamos la zona de trabajo para la Cata 1. A continuación, utilizamos la espátula para abrir las juntas del azulejo que queremos levantar con el menor deterioro de la pieza. En las zonas donde sea necesario, nos ayudamos con la maceta para facilitar el trabajo. El azulejo donde realizamos la Cata 1 se encuentra quebrado en una de sus esquinas (rotura fría de la pieza por falta de mortero de agarre en la esquina, que produce una rotura por cortante).



Una vez tenemos limpias las juntas, aprovechando la esquina quebrada, introducimos la espátula para forzar el levantamiento de la pieza cerámica que conseguimos sin apenas esfuerzo. Como vemos en una de las siguientes imágenes, la pieza está colocada a punta de paleta, con lo que no se ha repartido uniformemente el mortero de agarre de la pieza y por eso se produjo la rotura de una de las esquinas.



Ahora utilizamos la maceta y el cincel para romper la base del mortero de agarre, rápidamente nos encontramos la baldosa de barro que existe bajo el pavimento actual.



Advertimos que las baldosas de barro tienen un espesor de 20 mm y que están recibidas con mortero de cal en baja dosificación, ya que se disgrega con facilidad.

Seguimos perforando las baldosas para conseguir un espacio de trabajo más cómodo y a continuación extraemos todo el mortero de cal y la capa de áridos ligeros que descubrimos bajo las baldosas.



En la fotografía se aprecia la apertura realizada, áridos de color rojizos mezclados con áridos ligeros de color negro (carbón de coque). Esta capa del forjado corresponde al relleno de las bóvedas.

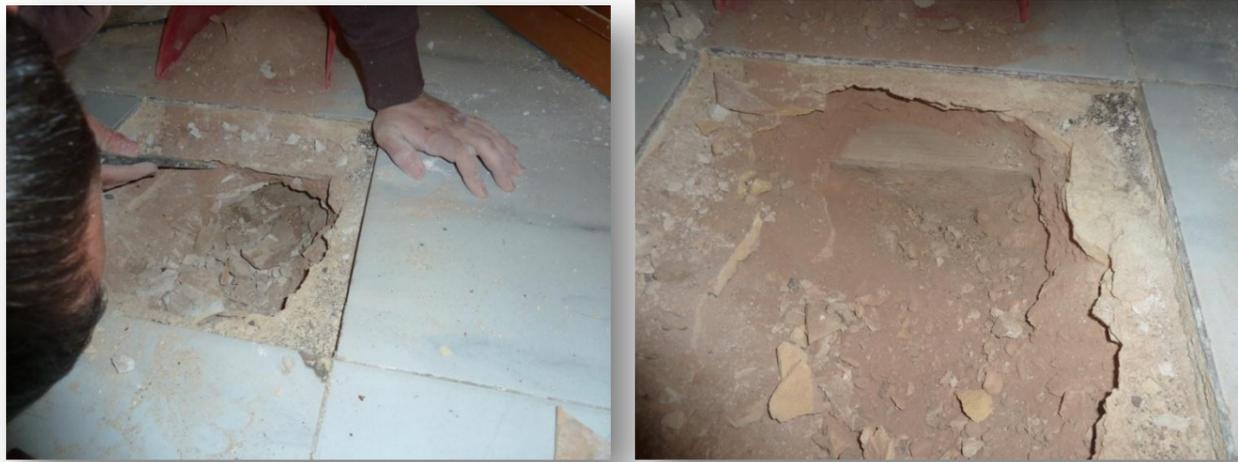
Continuamos sacando áridos y pronto nos topamos con una capa de yeso que entendemos que corresponde a la capa de compresión realizada sobre la bóveda de ladrillo cerámico macizo. Detenemos la excavación y proseguimos con la extracción de áridos con sumo cuidado, pues no queremos romper la bóveda puesto que los daños nos supondrían una reparación más trabajosa.



Durante el proceso de vaciado de tierras, nos encontramos con cascotes cerámicos que se empleaban en el relleno del entrevigado de las bóvedas, ya que se buscaba únicamente rellenar la parte superior de las bóvedas para crear una regularización de la superficie para la colocación del pavimento.



Localizamos la superficie de madera de una vigueta y rápidamente limpiamos la zona para observar y evaluar el estado de la misma.



Humedecemos la superficie de la vigueta para limpiar de finos adheridos, además, conseguimos subir el tono del color de la madera para una mejor apreciación. Golpeamos con la maceta para comprobar el sonido que nos transmite y con la ayuda de un destornillador intentamos penetrar en la superficie. Constatamos que la vigueta está sana y no presenta ningún síntoma de ataque de insectos xilófagos ni termitas.



Aprovechamos el trabajo realizado para verificar las dimensiones de los elementos del forjado con el fin de obtener una mayor precisión en los detalles constructivos de la propuesta de intervención, aportando la siguiente imagen a modo de sección constructiva.



Una vez realizadas todas las comprobaciones pertinentes, procedemos a la reconstrucción de las partes dañadas. En primer lugar rellenamos con grava el volumen de tierras extraídas, lo nivelamos con la ayuda de la catalana y vertemos una capa de mortero de cemento cola para la fijación de la pieza cerámica.



Proseguimos con la operación, colocando la pieza cerámica sobre la base de mortero de cemento cola, reconstruyendo la esquina quebrada de forma que se aprecie lo menos posible. Finalmente rejuntamos con una lechada también de cemento cola.



Terminada la primera cata de investigación, proseguimos con la siguiente. En esta ocasión, la elección de la ubicación de la cata se decide por la proximidad de la vigueta a un punto infectado por termitas en la parte baja del cerco en la Planta Baja. El procedimiento es el mismo que el utilizado en la Cata 1.



En esta ocasión la pieza se fractura en tres partes debido, como se observa en la imagen, a que la pieza estaba colocada a *l'estesa* y tiene mortero en toda la superficie de la misma, ofreciendo mayor resistencia.

Una vez extraída la pieza y la capa de mortero con la tierra de relleno inferior, encontramos las viguetas en el encuentro con la viga. Se humedece la madera para limpiar de finos y obtener una mejor visualización de las piezas leñosas.



Se decide realizar dos perforaciones con la taladradora para comprobar el estado interno de la madera, ya que es un punto conflictivo. Una vez realizados, se corrobora que el estado es correcto ya que no existen bolsas de aire internas y el serrín se extrae limpio y seco.



Para la reconstrucción de las piezas cerámicas se realiza con el mismo procedimiento que en el caso anterior.



4.4 INTERPRETACIÓN DE DAÑOS

Después del estudio realizado, procedemos a plasmar en **planos de mapeo** todas las patologías. En primer lugar se detallan las posibles afecciones del edificio analizado, clasificándolas según el nivel de gravedad:

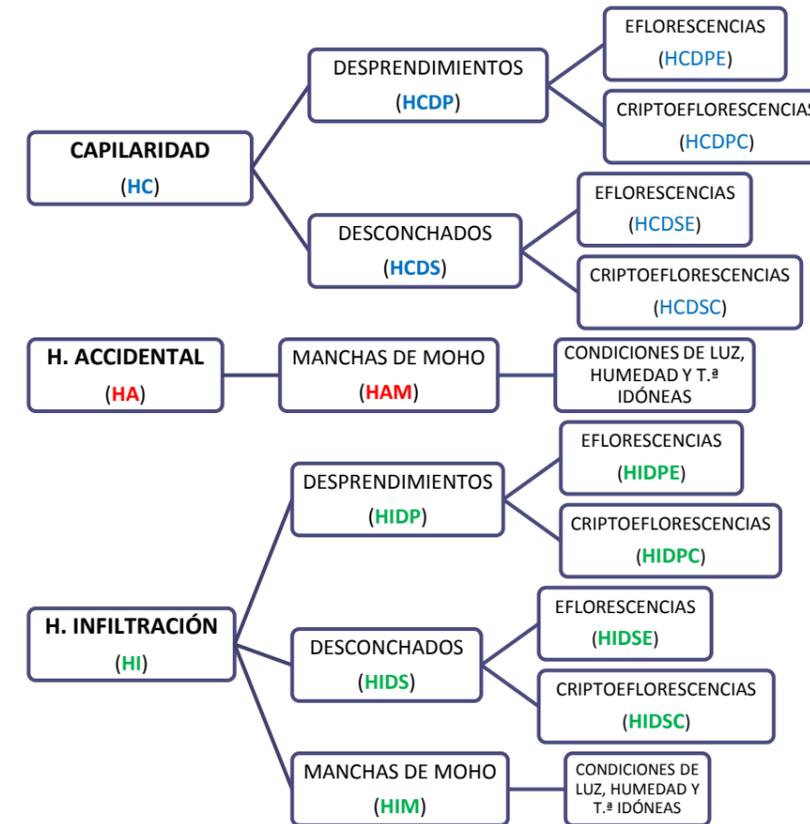
- Patologías por la acción de humedad en los muros de carga y tabiquería interior. Clasificamos los niveles de afección en:

- LESIONES FÍSICAS {
- Humedad capilar → Lesiones físicas producidas por el agua en su ascenso capilar en los muros y paramentos.
 - Humedad accidental → Lesiones físicas producidas por roturas puntuales en las instalaciones de conducciones de suministro o evacuación de aguas.
 - Humedad por infiltración → Lesiones físicas producidas por filtración de agua procedente de fugas en instalaciones de suministro o evacuación de aguas en muros o paramentos.

- LESIONES MECÁNICAS {
- Desprendimientos producidos en revestimientos de yeso.
 - Desconchados producidos en las pinturas.
 - Manchas de moho aparecidas por la acción de la humedad.

- LESIONES QUÍMICAS {
- Eflorescencias debidas a las sales cristalizadas.
 - Criptoflorescencias debido a la cristalización de sales en el interior del revestimiento.

Las lesiones físicas establecidas, se reflejan mediante lesiones mecánicas producidas a su vez por lesiones químicas. Por lo tanto el esquema de clasificación de las humedades es el siguiente:



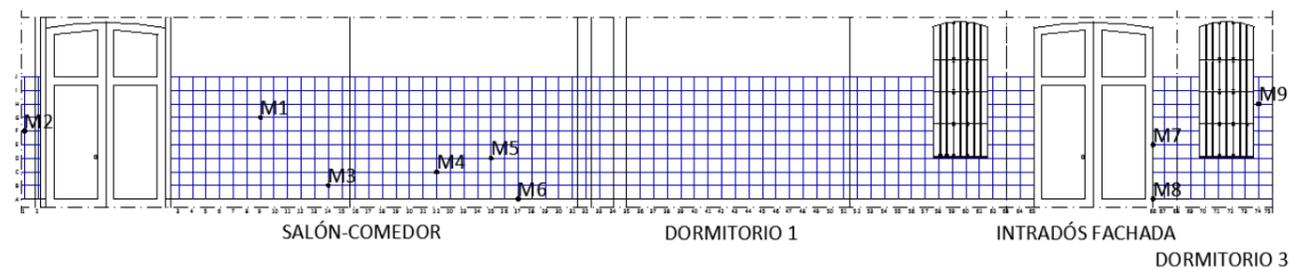
- Patologías causadas por la acción de insectos xilófagos isópteros (termitidos):
 - Moderado (TM) → Afección en la albura, leve destrucción de la pieza.
 - Grave (TG) → Afección en la albura, destrucción parcial de la pieza (aparición de laminaciones).
 - Muy Grave (TMG) → Afección en la albura, destrucción total de la pieza.
- Patologías causadas por la acción de insectos coleópteros cerambícidos (carcoma grande):
 - Moderado (CM) → Leve perforación superficial (primera generación).
 - Grave (CG) → Perforación superficial relevante y/o elemento estructural.
- Patologías causadas por la acción de insectos coleópteros anóbidos (carcoma de la madera):
 - Leve (CL) → Pocas perforaciones superficiales.
 - Moderado (CM) → Perforaciones superficiales abundantes.
 - Grave (CG) → Perforaciones abundantes en elemento estructural.
- Patologías causadas por grietas:
 - Grietas elementos verticales (GV).
 - Grietas elementos horizontales (GH).

4.4.1 MAPEO DE HUMEDADES

Para poder interpretar los planos de mapeo de humedades, en primer lugar debemos realizar un ensayo de laboratorio para obtener los datos del contenido de humedad de los paramentos, recordamos que los datos obtenidos con el humidímetro (ver características del equipo en el «Anexo III. Equipos de medición de humedades» página 116) son referentes al de la madera. Para ello, procederemos a la extracción de muestras representativas de los paramentos estudiados.

Esta operación se realiza inmediatamente después de la recogida de datos con el humidímetro, para que las condiciones sean lo más parecidas posible a los datos obtenidos anteriormente. En primer lugar y para la extracción de las muestras, debemos seleccionar los puntos más apropiados. Estos hacen referencia a diferentes valores obtenidos con el humidímetro, seleccionando los que por su posición en los paramentos, causen el menor daño estético posible. Por lo tanto quedan seleccionados los siguientes:

- M1: 0 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M2: 26 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M3: 20 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M4: 20 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M5: 0 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M6: 60 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M7: 11 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M8: 20 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M9: 0 % de contenido de humedad (humidímetro).



Una vez tenemos los puntos localizados, procedemos a la extracción de muestras. De cada muestra extraeremos dos probetas: una para realizar un ensayo de desecación y otra para reservarla para posibles comprobaciones o repeticiones de ensayo. Los útiles y herramientas necesarios para la extracción de muestras son los siguientes:

- Taladradora.
- Corona de 35 mm de diámetro y 25 mm de profundidad, especial para perforar ladrillo cerámico.
- Botes de polipropileno para recoger las muestras.
- Botes de vidrio para almacenar las muestras.
- Guantes de látex para la manipulación de las muestras y sus envases.

La primera operación que debemos realizar es comprobar que en los puntos seleccionados para la extracción de las muestras encontremos el mismo nivel de humedad que marcaba inicialmente el humidímetro. Una vez corroborado, procedemos a la extracción de la Muestra 1 (M1) con la taladradora.



Imagen de la taladradora utilizada con el accesorio de la corona de diamante para extracción de probetas.



Repetimos la operación hasta conseguir la recogida de todas las muestras planteadas. Estas las conservamos en la vivienda hasta que se vayan a transportar al laboratorio de ensayos, con el fin de que sufran la menor variación posible (los botes utilizados para transportar las muestras tienen cierres herméticos, de esta forma aseguramos su conservación). Además, los conservaremos en un recipiente capaz de mantener la temperatura (en este caso y ante la escasez de medios, utilizamos una nevera de polipropileno comúnmente utilizada para la playa).



Para finalizar el trabajo de campo, procederemos a la reconstrucción de los paramentos perforados para la extracción de pruebas. Para ello utilizamos pasta de yeso y una llana metálica, realizando un sellado de la superficie dañada como se muestra en las siguientes imágenes.

Esta operación debe realizarse con la mayor suavidad posible, pues si la broca gira a gran velocidad, acelera el proceso de desecación de la muestra y los resultados se obtendrían con mayor rango de error.



Ensayo de desecación de las muestras a 120 °C:

Una vez en el laboratorio, procedemos a realizar el ensayo de desecación de las muestras. Este ensayo consiste en introducir las muestras en un horno a 120 °C, mantenerlas durante 24 horas y realizar la primera pesada, volverlas a introducir en el horno y realizar pesadas cada 3 horas hasta conseguir una diferencia entre pesadas consecutivas inferior al 0,2 % en la misma muestra. Para ello necesitamos una balanza con buena precisión (1), un horno para introducir las muestras (2) y un desecador para conservarlas hasta que se enfríen a temperatura ambiente y poder realizar las pesadas (3).

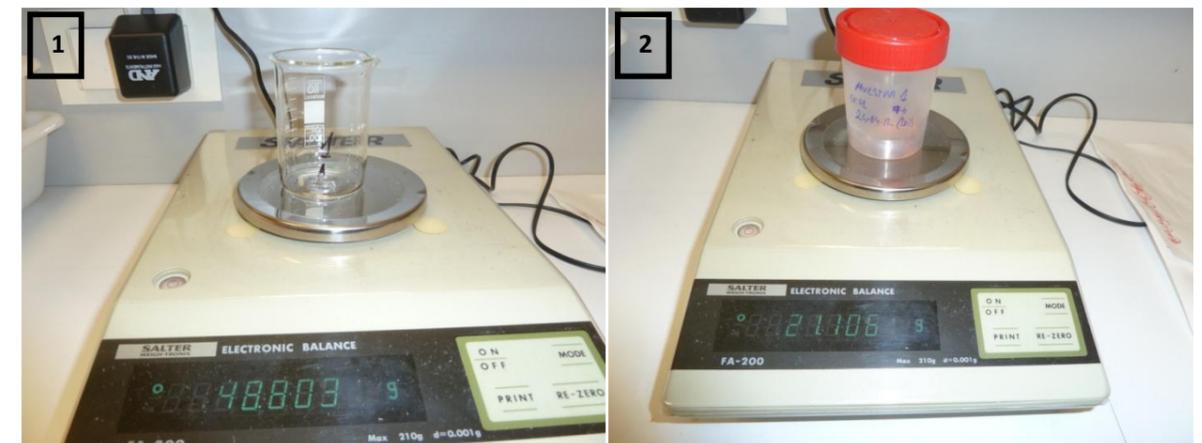


El primer trabajo, previo a la realización del ensayo, será preparar tantos vasos de cristal como muestras tenemos, ya que los envases de polipropileno podrían verse afectados por la temperatura (a 120 °C) a la que está el horno. La preparación por tanto, consiste en limpiar de impurezas los envases de cristal e introducirlos en el horno para que pierdan el contenido de humedad. Es importante recalcar que, para que las pesadas sean correctas, el envase junto con la muestra debe estar a temperatura ambiente, ya que en caso contrario las corrientes de convección que se generan alrededor del embase alteran los resultados. Por lo tanto una vez transcurridas 8 horas en el interior del horno, se retiran y se introducen en el desecador (el desecador es un recipiente con cierre hermético que contiene en su interior un sólido absorbente de humedad (sílica gel) que permite el enfriamiento del material en una atmósfera seca).



La primera operación que realizaremos será numerar los embases de cristal acordes a las muestras y pesarlos (1), anotando el peso en el estadillo pertinente. A continuación efectuaremos las siguientes pesadas:

- Peso del embase de polipropileno con la muestra húmeda (2).
- Peso del embase de polipropileno vacío, una vez pasado el contenido de la muestra al embase de cristal (3).
- Peso de embase de cristal con la muestra húmeda (4).



En las fotografías observamos los procesos de pesada de cada una de las muestras. Los datos obtenidos se anotan en el estadillo pertinente, como veremos más adelante.

Repetimos la operación con el resto de las muestras y una vez obtenemos todos los resultados, introducimos las muestras en el horno a 120 °C de temperatura. Se deben mantener durante 24 horas las muestras en el interior del horno.

Una vez transcurrido este tiempo, procedemos a la extracción de las muestras. Para evitar quemaduras, debemos utilizar un dedal de silicona. Las muestras las introducimos directamente en el desecador para evitar que absorban humedad del ambiente.



Para realizar la primera pesada, debemos esperar a que las muestras bajen su temperatura, por lo tanto las dejamos reposar en el desecador 30 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, debemos realizar la primera pesada.

Para minimizar errores en las pesadas, decidimos realizar tres por muestra, con un tiempo entre pesadas de la misma muestra de 30 minutos, para finalmente realizar una media con los tres resultados y trabajar con este dato.



Pesadas realizadas a la Muestra 1 (M1) a los 30 minutos de la extracción del horno y a los 30 minutos entre pesadas (ordenadas de izquierda a derecha). Como vemos la primera pesada es inferior a la final, esto es debido a las corrientes de convección que se generan alrededor del vaso de cristal, que alteran los resultados.

Al finalizar la primera pesada de las muestras, volvemos a introducirlas en el horno a la misma temperatura, 120 °C, y las mantenemos 3 horas. Transcurrido este tiempo, repetiremos la operación anterior: realizaremos tres pesadas por muestra con un tiempo entre las mismas de 30 minutos.



Pesadas realizadas a la Muestra 1 (M1) ordenadas de izquierda a derecha según los tiempos de 30 minutos entre pesadas. Vemos que las dos últimas pesadas dan como resultado el mismo valor, dándonos a entender que el peso está estabilizado.

Después de la segunda calefacción damos el ensayo por finalizado, ya que la diferencia entre pesadas consecutivas en cada muestra es inferior al 0,2 %, que es el valor que se establece como peso constante de una muestra. Por lo tanto, obtenemos todos los datos necesarios para estudiar las muestras, llegando a la siguiente conclusión:

- Los datos de humedad en masa, expresados en porcentaje (columna % HM del estadillo), no poseen correlación si los comparamos con los valores obtenidos con el humidímetro.

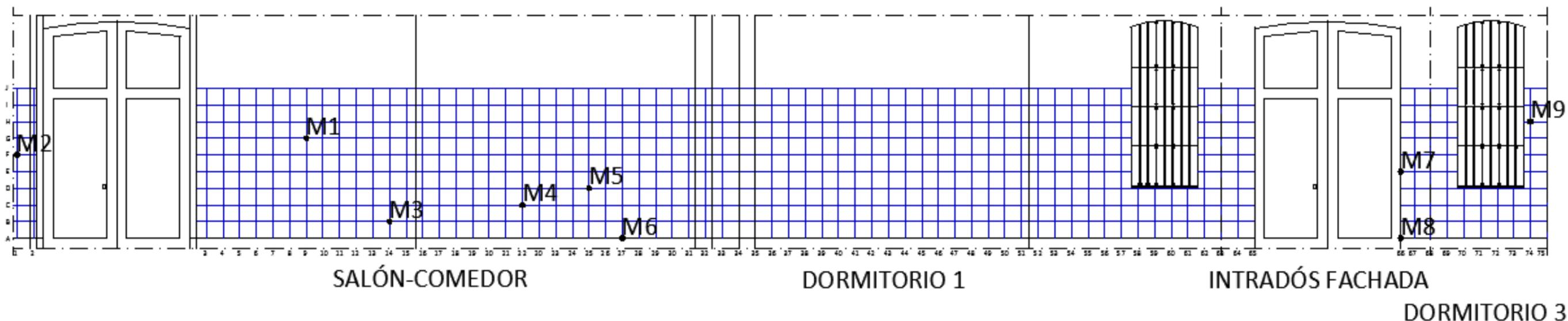
Esto puede ser debido a lo siguiente:

- La metodología de extracción de muestras, mediante perforaciones con la taladradora, deseca las mismas probetas dando como resultado valores variables sin correspondencia con los valores obtenidos con el humidímetro.
- La elección de los puntos de extracción de muestras, se realiza pensando en causar el mínimo daño estético a la vivienda, sin tener en cuenta la selección de puntos que por su situación, sean más representativos de los valores de humedad medidos con el humidímetro. Esto se debe a que el humidímetro, penetra 5 mm aproximadamente en el paramento al tomar los datos, pudiendo verse alterado el contenido de humedad de la muestra en el interior del mismo. Para evitar este problema decidimos tomar valores que no se encuentren aislados, sino que estén rodeados por valores iguales o aproximados al porcentaje que queremos estudiar.

ESTADILLO ENSAYO MEDIANTE ESTUFA A 120 °C																						
FECHA DE EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS: 24/04/2012				HORA DE PRIMERA INTRODUCCIÓN DE PROBETAS EN LA ESTUFA: 09:57 (25/04/2012)																		
MUESTRA	REF. MAPEO	HORA EXTRAC.	%HUMIDIM.	MppH	ppV	Mh1	CrV	MCrH	Mh2	PESADA 24H (P1)			MP1	% ENTRE PES.	PESADA 27H (P2)			MP2	% ENTRE PES.	MH	%HM	%HUMIDIM.
M1	9G	10:41	0	21,106	15,899	5,207	48,802	54,024	5,222	5,202	5,208	5,222	5,211	0,2170	5,207	5,211	5,211	5,210	0,0192	0,012	0,236	0
M2	1F	11:40	26	32,199	15,91	16,289	48,543	64,851	16,308	14,141	14,159	14,169	14,156	13,1939	14,148	14,158	14,168	14,158	-0,0118	2,150	13,184	26
M3	14B	11:45	20	30,7	15,164	15,536	47,776	63,321	15,545	13,87	13,888	13,899	13,886	10,6744	13,872	13,882	13,893	13,882	0,0240	1,663	10,696	20
M4	22C	12:10	20	22,998	15,33	7,668	48,439	56,112	7,673	7,622	7,629	7,63	7,627	0,5995	7,625	7,630	7,636	7,630	-0,0437	0,043	0,556	20
M5	25D	12:19	0	25,849	15,316	10,533	49,468	60,009	10,541	10,051	10,066	10,077	10,065	4,5189	10,056	10,064	10,070	10,063	0,0132	0,478	4,532	0
M6	27A	12:24	60	26,04	16,017	10,023	48,218	58,248	10,03	9,949	9,963	9,968	9,960	0,6979	9,955	9,960	9,968	9,961	-0,0100	0,069	0,688	60
M7	66F	12:40	11	24,802	15,222	9,58	49,108	58,693	9,585	9,425	9,442	9,446	9,438	1,5371	9,431	9,437	9,443	9,437	0,0071	0,148	1,544	11
M8	66A	12:50	20	40,227	15,451	24,776	49,562	74,337	24,775	22,118	22,14	22,152	22,137	10,6492	22,124	22,135	22,146	22,135	0,0075	2,640	10,656	20
M9	74H	12:57	0	39,914	15,076	24,838	48,857	73,699	24,842	24,373	24,396	24,404	24,391	1,8155	24,379	24,389	24,400	24,389	0,0068	0,453	1,822	0

LEYENDA DEL ESTADILLO	
MppH:	Peso de la muestra y embase polipropileno con humedad
ppV:	Peso del envase polipropileno vacío
Mh1:	Peso de la muestra con humedad (MPVCH-PVCV)
CrV:	Peso del vaso de cristal vacío desecado
MCrH:	Peso del envase de cristal con muestra húmeda
Mh2:	Peso de la muestra con humedad (MCrH - CrV)
MH:	Masa húmeda de la muestra
% HM	Porcentaje de humedad en masa respecto a la cantidad inicial de la muestra

P1	09:57 extracción de la estufa e introducción en el desecador	INTRODUCCIÓN 11:31
	Pesada a las 10:24; pesada a las 10:54; pesada a las 11:24	
P2	14:31 extracción de la estufa e introducción en el desecador	
	Pesada a las 15:03; pesada a las 15:33; pesada a las 16:03	

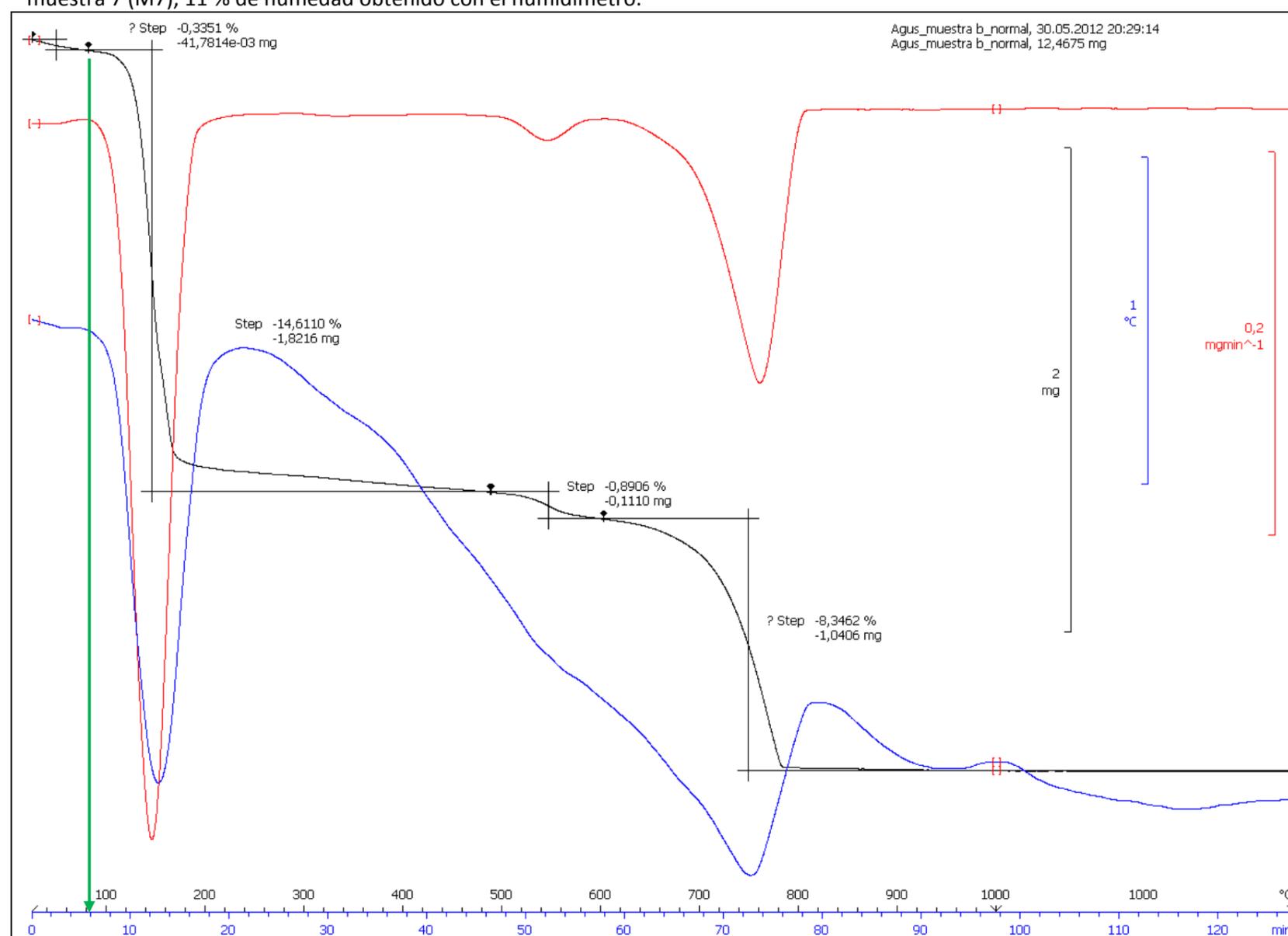


Con los valores obtenidos en el ensayo anterior, no podemos dar por buenos los resultados, con lo que se decide repetir el ensayo atendiendo a los errores cometidos en el mismo.

Antes de proceder a la extracción de muestras, se decide realizar un estudio del comportamiento térmico de los materiales que estamos muestreando. Para ello cogemos dos muestras nuevas y las sometemos a un análisis termogravimétrico:

—El análisis termogravimétrico, que se lleva a cabo con una termobalanza, se define como la técnica en la que se mide la variación del peso de una muestra mientras esta es sometida a un proceso de calefacción controlada en una atmósfera específica. El proceso de calefacción programa puede ser mantener la muestra a estudiar a temperatura constante (isotermo), o también someterla a una variación controlada de temperatura, bien calentando a velocidad constante (el más habitual junto al isotermo), enfriando o cualquier combinación de ellos. Durante el proceso de calefacción se puede producir una variación de peso, habitualmente una pérdida de peso en la muestra, que nos permite conocer el comportamiento térmico de la muestra.

Con esta técnica conseguimos resultados más precisos, ya que al mismo tiempo que incrementamos la temperatura obtenemos valores referentes al peso. Además los resultados se analizan a través de una gráfica que explica el comportamiento de la muestra durante el proceso. En la figura mostramos el resultado del análisis termogravimétrico de una de las muestras con un contenido bajo de humedad muestra 7 (M7), 11 % de humedad obtenido con el humidímetro.



La gráfica representa el comportamiento de la muestra en el tiempo que dura el ensayo. En el eje de abscisas se muestran en color azul el tiempo de exposición y en color negro la temperatura a la que se somete la muestra.

La línea de color negro representa la descomposición térmica del material, es decir, la variación de peso por pérdida de parte de su composición en forma de moléculas ligeras (agua a bajas temperaturas). La línea de color rojo es la derivada de la anterior y nos sirve para interpretar con mayor claridad los cambios sufridos en el proceso. La línea de color azul representa la diferencia en el comportamiento térmico de nuestra muestra y una muestra patrón que sufra ningún tipo de proceso físico-químico durante el intervalo de temperaturas estudiado; esta última línea nos permite conocer si los procesos de descomposición son exotérmicos o endotérmicos.

El comportamiento de la muestra, que únicamente recoge el revestimiento de yeso del paramento, sufre el primer proceso de descomposición a los 6 minutos y a 80 °C aproximadamente (flecha de color verde). Hasta este momento la muestra ha sufrido una pérdida de peso de 0,3351 % respecto a su peso inicial. Vemos en la línea de color negro que la muestra sufre una pérdida importante de peso a partir de este punto, dándonos a entender que el yeso que forma la muestra pierde agua de cristalización y se descompone. La derivada nos muestra de forma evidente este proceso de descomposición del material y la línea azul nos indica que el proceso es endotérmico, como corresponde a un proceso como el indicado.

Por tanto, el estudio realizado con la termobalanza demuestra que al ser yeso el material principal de la muestra tomada, la temperatura elegida para el proceso de secado no es adecuada puesto que calentando a 120°C además de registrar la pérdida de agua de hidratación de nuestra muestra (humedad) estamos midiendo la pérdida de agua de formulación del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

A pesar de que el análisis termogravimétrico proporciona datos más precisos y mayor información, es importante poder disponer de una metodología sencilla de fácil aplicación sin necesidad de disponer de equipos caros. Por tanto, la información obtenida con la termobalanza vamos a utilizarla para ajustar las condiciones del tratamiento térmico que vamos a aplicar a las muestras recogidas. Es decir, deberemos llevar a cabo el proceso de secado en estufa a una temperatura menor de 80 °C para evitar la descomposición térmica del yeso. Sin embargo, tampoco sería muy adecuado realizar el secado a una temperatura muy baja porque podría alargar el proceso de forma innecesaria.

Contrastando documentación, encontramos que la doctora en Arquitectura doña Soledad García Morales de la Universidad de Madrid, publica su tesis doctoral *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos*. En ella efectúa distintos ensayos en los que realiza la desecación de las muestras a 40 °C. Además encontramos el libro *La humedad como patología frecuente en la edificación* que hace referencia a ensayos de desecación de muestras y las realiza también a 40 °C, con lo que decidimos continuar nuestro ensayo de desecación a esta temperatura.

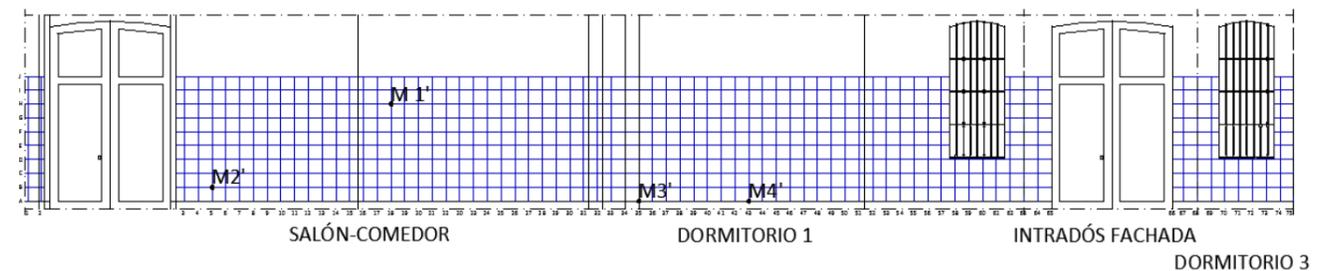
Por lo tanto, para realizar de nuevo el ensayo, tomamos las siguientes consideraciones:

- La extracción de las muestras se realizará de forma manual utilizando martillo y cincel, evitando de este modo la desecación de las mismas.
- La elección de las muestras a sacar se realiza teniendo en cuenta que los puntos seleccionados se encuentren situados en zonas cuyos valores en porcentaje de humedad sean iguales o similares, evitando puntos aislados por ser menos representativos o con mayor posibilidad de error.
- Las muestras extraídas de forma manual, únicamente afectarán al revestimiento de yeso del paramento, para realizar el ensayo con el mismo tipo de material y evitar comportamientos diferentes.
- La temperatura del horno a la que desecaremos las muestras será de 40 °C, para evitar que la elevada temperatura descomponga el yeso, ya que como hemos visto en los resultados de la balanza térmica a partir de 80 °C el yeso pierde el agua de hidratación y se descompone.
- Además, se tomarán los datos de humedad relativa y temperatura del ambiente y temperatura superficial del paramento en cada muestra, para una mayor recopilación de datos con los que dejar abierta la investigación a averiguar la humedad de equilibrio y la temperatura de rocío a la que se produce condensación en los paramentos.

Con estas consideraciones repetimos el ensayo.

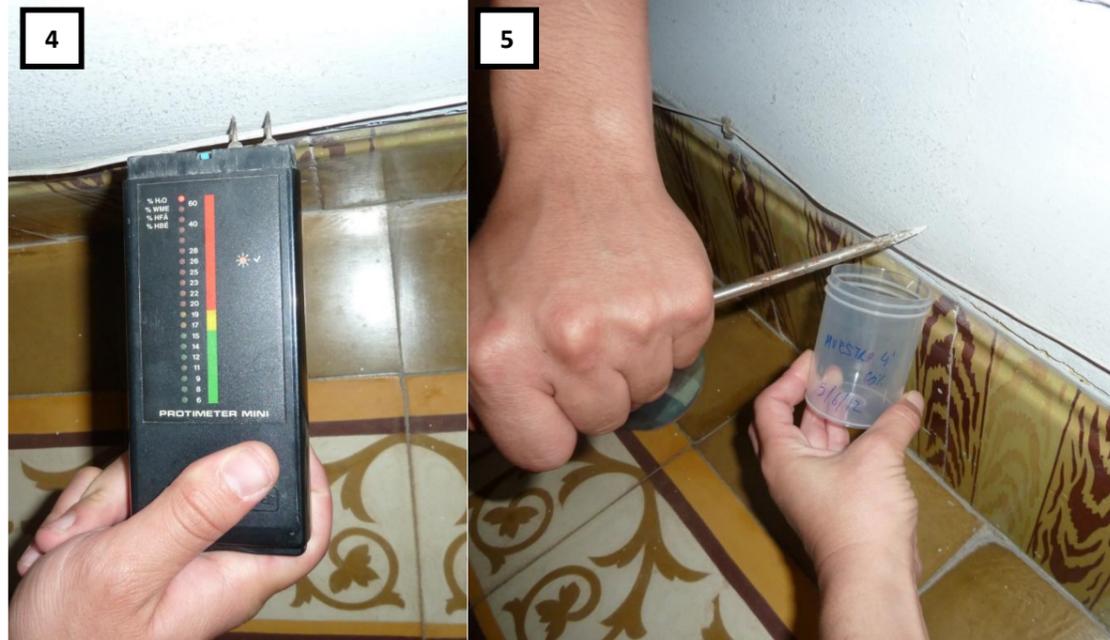
En primer lugar procedemos a la extracción de las nuevas muestras. Las muestras seleccionadas son las siguientes:

- M1': 0 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M2': 26 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M3': 40 % de contenido de humedad (humidímetro).
- M4': 60 % de contenido de humedad (humidímetro).



Iniciamos la extracción de las muestras, que en esta ocasión se realiza con un destornillador y un martillo. Describimos el proceso de extracción de muestras en las siguientes ilustraciones:



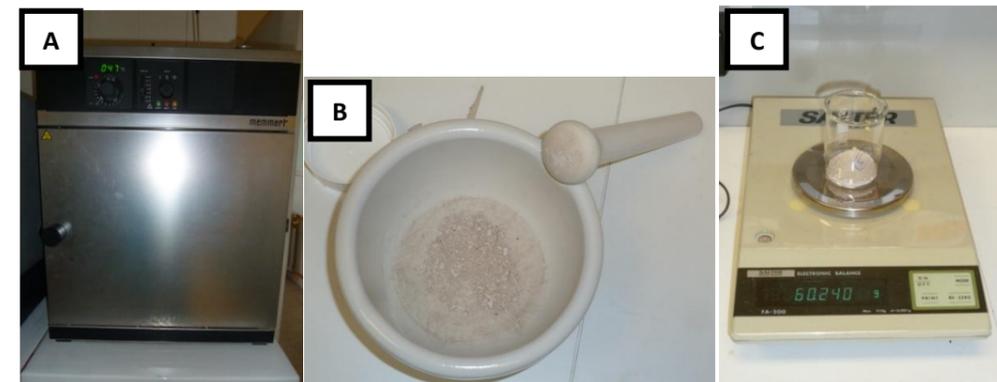


1. Medición de la temperatura en el interior de la vivienda, en la estancia que vamos a realizar la extracción de muestras. Para ello utilizamos un termohigrómetro como muestran las imágenes (ver características del equipo en «Anexo III. Equipos de medición de humedad» página 116).
2. Realizamos la medición de la humedad relativa del ambiente, utilizando también el termohigrómetro.
3. Comprobamos la temperatura superficial del paramento en el punto exacto donde vamos a proceder a extraer la muestra.
4. Comprobamos con el humidímetro que el punto seleccionado para extraer la muestra coincide con la medición realizada en la recogida de datos inicial.
5. Extraemos la muestra del revestimiento de yeso de forma manual, golpeando la superficie con el martillo y el destornillador, recogiendo la muestra en el embase de polipropileno correspondiente.

Una vez finalizada la extracción de las muestras correspondientes, trasladamos el trabajo al laboratorio para realizar el ensayo de desecación a 40 °C.

Ensayo de desecación de muestras a 40 °C.

El procedimiento es muy similar al anterior solo que esta vez además de variar la temperatura de desecación, se realiza una única pesada por muestra a las 2 horas de extraerlas del horno. En el ensayo anterior realizábamos tres pesadas por muestra cada media hora y realizábamos la media de las tres pesadas, sin embargo, la variación del peso observada no es significativa durante el proceso de secado. De esta manera, en esta ocasión acumulamos el tiempo que finalmente transcurría entre la primera y la última pesada para realizar una única pesada y trabajar con este dato. Adicionalmente, como vamos a trabajar a una menor temperatura, procedemos a la molienda de la muestra para que el secado sea más rápido, eficaz y homogéneo.



- A. Reducción de la temperatura del horno.
- B. Triturado de las muestras.
- C. Pesada inicial de cada muestra.



Las imágenes corresponden a las pesadas realizadas a la Muestra 4' (M4') a las 24 horas de la introducción en el horno (fotografía de la izquierda) y a continuación a las 3 horas de la nueva introducción (foto de la derecha).

ESTADILLO ENSAYO DE DESECACIÓN EN HORNO A 40 °C

FECHA DE EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS: 05/06/2012							HORA DE LA INTRODUCCIÓN EN EL HORNO DE LAS MUESTRAS: 09:30														
MUESTRA	REF. MAPEO	HORA EXTRACCION	Tª	HR %	Tª SUP. (°C)	%HU.	CrV	MCrH	MHI	MP1	PM24H	DIF%1	MP2	PM27H	DIF%2	MP3	PM30H	DIF%3	MH	%HM	%HU
M1'	18H	21:02	26,70	46,00	25,90	0	49,112	50,446	1,334	50,441	1,329	0,3748	50,441	1,329	0,0000	50,441	1,329	0,0000	0,005	0,37	0
M2'	5B	21:14	26,70	46,00	26,10	26	48,806	53,868	5,062	53,821	5,015	0,9285	53,821	5,015	0,0000	53,82	5,014	0,0199	0,048	0,95	26
M3'	30A	21:19	26,40	46,50	26,20	40	48,223	50,918	2,695	50,876	2,653	1,5584	50,878	2,655	-0,0754	50,875	2,652	0,1130	0,043	1,60	40
M4'	43A	21:28	26,40	46,50	26,10	60	48,861	60,24	11,379	60,04	11,179	1,7576	60,05	11,189	-0,0895	60,038	11,177	0,1072	0,202	1,78	60

LEYENDA TABLA

T.ª	Temperatura ambiente
HR %	Humedad relativa del ambiente, en %
Tª SUP.	Temperatura superficial del paramento
%HU	Valor del humidímetro, contenido de humedad referente a madera
CrV:	Peso del vaso de cristal vacío desecado
MCrH:	Peso del envase de cristal con muestra húmeda
MHI:	Peso de la muestra con humedad inicial (MCrH-CrV)
MP1	Pesada a las 24 horas de la muestra con el embase de cristal
PM24H	Peso de la muestra a las 24 horas (MP1-CrV)
DIF%1	Diferencia entre pesadas consecutivas expresada en % (DIF%= ((MHI-MP1)/MHI)*100)
MP2	Pesada a las 27 horas de la muestra con el embase de cristal
PM27H	Peso de la muestra a las 27 horas (MP2-CrV)
DIF%2	Diferencia entre pesadas consecutivas expresada en % (DIF%= ((MP1-MP2)/MP1)*100)
MP3	Pesada a las 30 horas de la muestra con el embase de cristal
PM30H	Peso de la muestra a las 230 horas (MP3-CrV)
DIF%3	Diferencia entre pesadas consecutivas expresada en % (DIF%= ((MP2-MP3)/MP2)*100)
MH	Masa húmeda de la muestra (MH= MHI-PM30H)
% HM	Contenido de humedad de la muestra expresado en % (%HM= (MH/MHI)*100)

MP1	09:30 extracción de la estufa e introducción en el desecador	INTRODUCCIÓN 11:40
	Pesada a las 11:30	
MP2	14:40 extracción de la estufa e introducción en el desecador	INTRODUCCIÓN 16:41
	Pesada a las 16:40	
MP3	09:00 extracción de la estufa e introducción en el desecador	INTRODUCCIÓN 16:41
	Pesada a las 11:00	

Por lo tanto, damos por buenos los resultados y establecemos que los valores del contenido de humedad de la muestra que se analizan quedan del siguiente modo:

M1' → 0 % Contenido de humedad del humidímetro = **0,37 % de contenido de humedad real.**

M2' → 26 % Contenido de humedad del humidímetro = **0,95 % de contenido de humedad real.**

M3' → 40 % Contenido de humedad del humidímetro = **1,6 % de contenido de humedad real.**

M4' → 60 % Contenido de humedad del humidímetro = **1,78 % de contenido de humedad real.**

HUMEDADES CAPILARES

HUMEDAD ACCIDENTAL

HUMEDAD INFILTRACIÓN



1 (HCDSE)



2 (HCDSE)



3 (HCDPC)



4 (HAM)



5 (HIDSE)



6 (HIDS/DP)



Detalle Eflorescencia (HCDSE)



Detalle Desconchado de pintura (HCDS)



Detalle Desprendimiento de pintura (HIDPC)



Detalle manchas de moho (HIM)

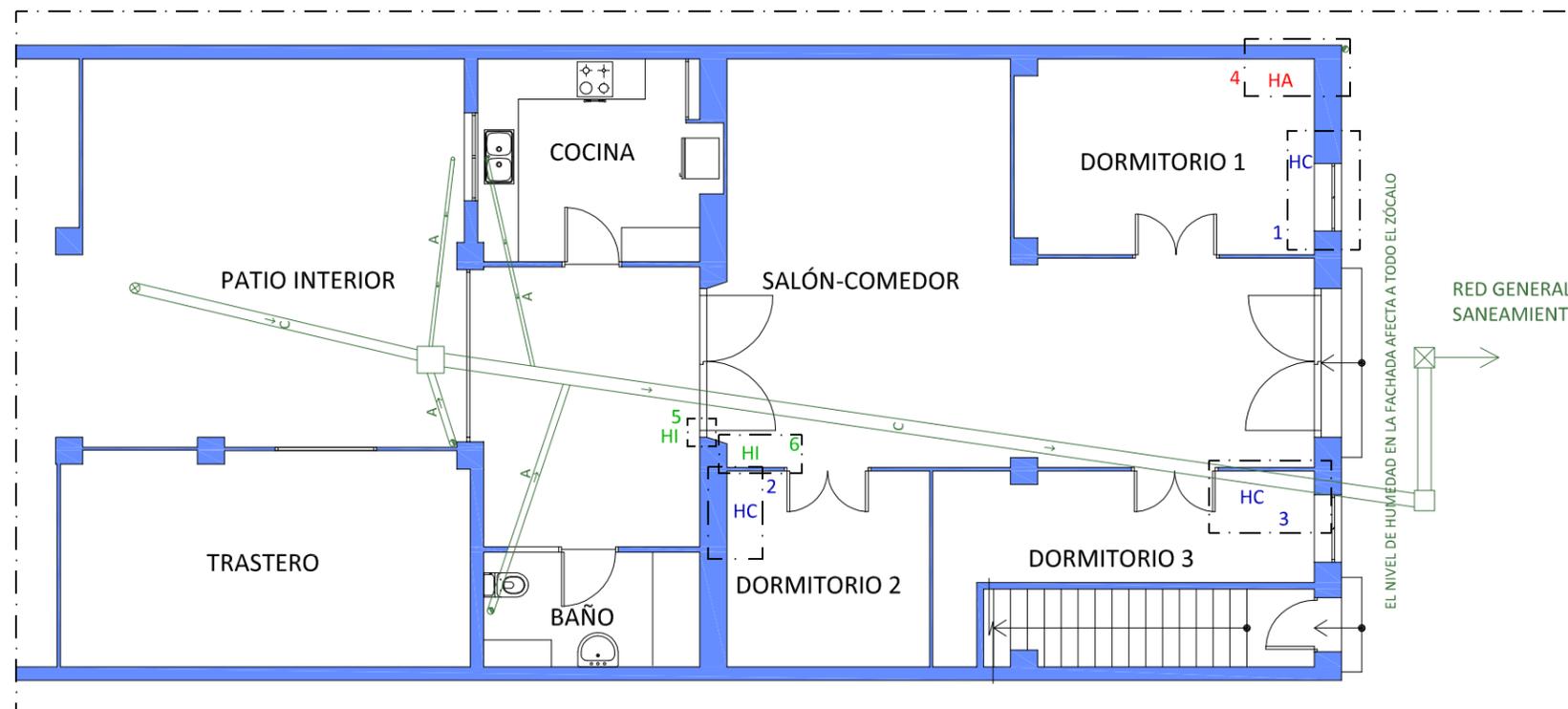
INTERPRETACIÓN DEL MAPEO

Debido a la dificultad de representar todos los efectos que la humedad provoca en los paramentos, se decide agrupar los daños causados por la humedad según su procedencia. Por ello se establece:

- La Humedad Capilar procedente del terreno, se representa sombreando los muros, pilares y particiones afectadas en color azul.
- La Humedad Accidental procedente de fugas puntuales de redes de suministro o evacuación de agua que afectan directamente al elemento.
- La Humedad de Infiltración procedente de fugas puntuales de redes de evacuación o suministro de aguas que afectan a los elementos por la filtración de dichas aguas.

Dentro de estos tres grupos se muestran imágenes de los puntos más representativos para identificar visualmente los daños (las siglas entre paréntesis se corresponden a la clasificación establecida en la página 71). Además, se muestran imágenes de daños físicos producidos por causas químicas según la clasificación establecida en la página 71 del presente apartado.

DAÑOS PRODUCIDOS POR HUMEDAD	
Humedades Capilares	HC
Humedad Accidental	HA
Humedad Infiltración	HI



LEYENDA RED SANEAMIENTO	
Arqueta de registro	☒
Arqueta sifónica	☐
Bajante fecales	●
Bajante pluviales	●
Colector enterrado	C
Albañal enterrado	A
Bote sifónico	⊗

DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA

4.4.2 MAPEO RETICULITERMES LICIFUGUS ROSSI



INTERPRETACIÓN DEL MAPEO

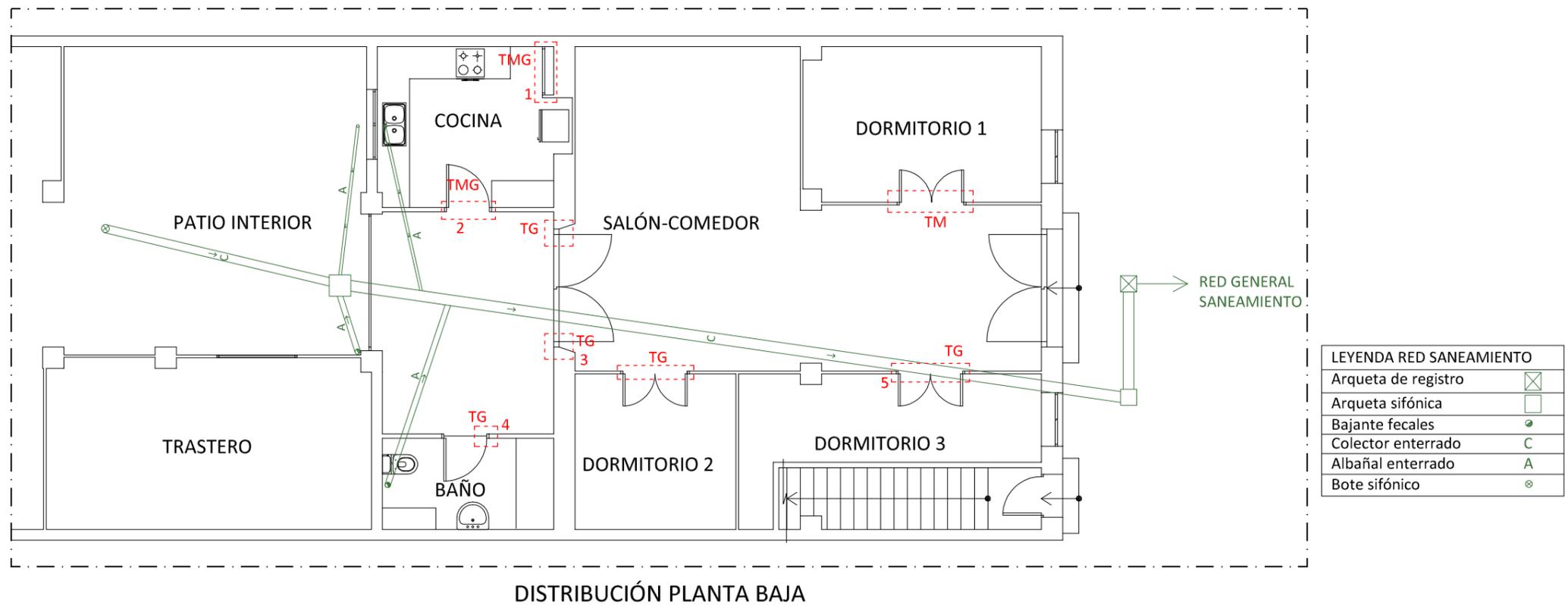
Las termitas han destruido totalmente la madera existente en la Cocina, atacando la albura de todas las piezas, por ello fijamos el nivel de afección más alto en este punto.

La afección Grave se produce en los cercos de las puertas indicadas de la vivienda que están en contacto con el terreno. El ataque afecta parcialmente a la madera destruyendo la albura de los primeros 40 cm aproximadamente.

El nivel de afección Moderado responde a la puerta indicada del Dormitorio 1. En este punto el deterioro de la albura de la madera es superficial y afecta de forma parcial a la pieza.

De la interpretación general del mapeo deducimos que la red de saneamiento puede tener fugas que aumenten el nivel de humedad en las zonas más afectadas, incrementando la actividad de las termitas en estos puntos.

Estructuralmente no hay ningún elemento resistente infestado por la acción de la termita.



4.4.3 MAPEO HYLOTRUPES BAJULUS

NIVEL DE ATAQUE GRAVE



1

NIVEL DE ATAQUE MODERADO



2



3

NIVEL DE ATAQUE GRAVE

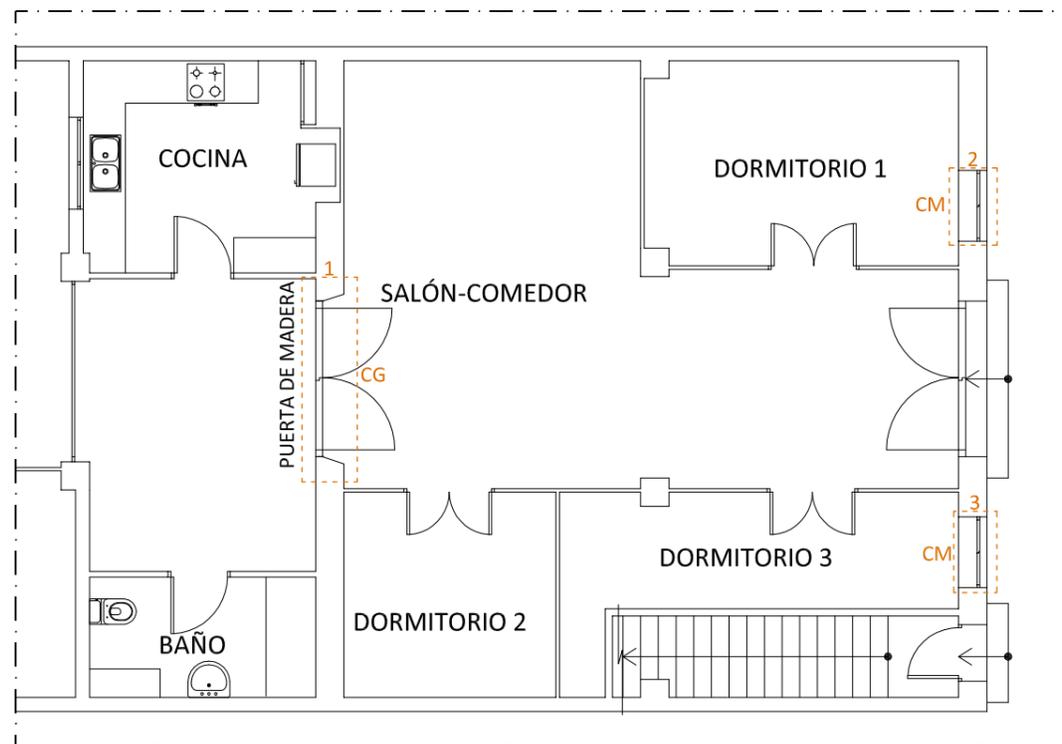


4

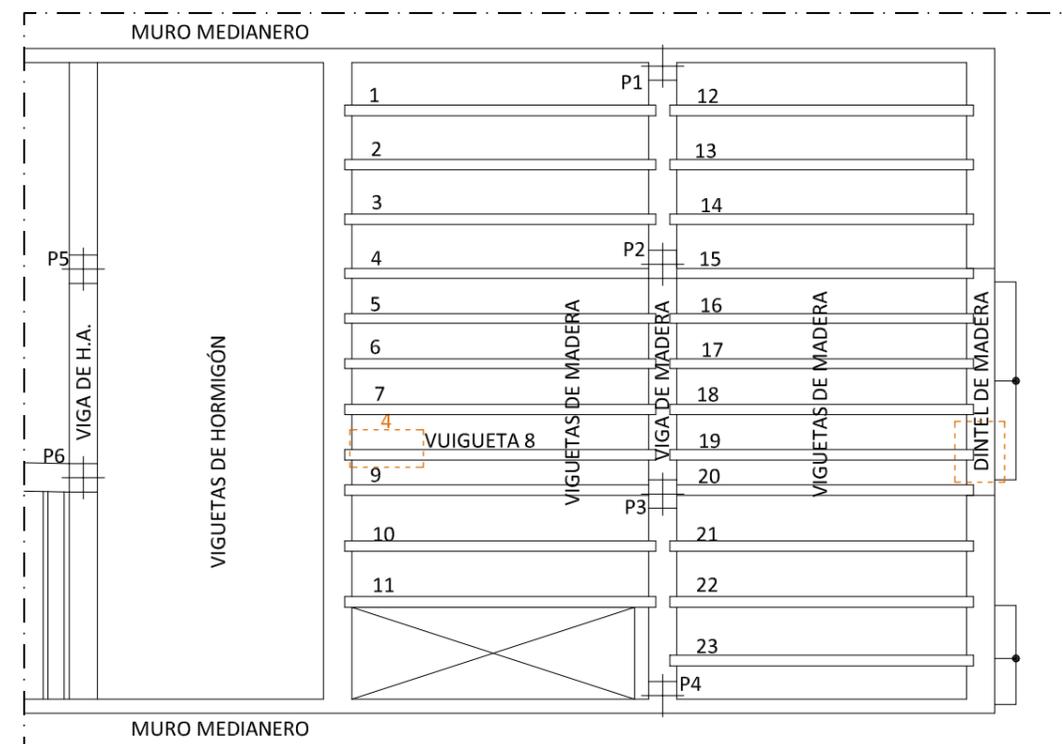
INTERPRETACIÓN DEL MAPEO:

Consideramos el nivel de afección Grave en la puerta de madera indicada en el plano, por el alto nivel de destrucción. Además, adoptaremos el nivel de afección Grave en elementos estructurales: el Dintel señalado y la Vigueta 8, por los daños que podrían causar estructuralmente al edificio. El nivel Moderado corresponde a las ventanas de la Fachada principal, ya que el ataque es menos intenso.

AFECCIONES CARCOMA GRANDE	
Nivel de ataque Moderado	CM
Nivel de ataque Grave	CG



DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA



ESTRUCTURA PLANTA BAJA

4.4.4 MAPEO ANOBIUM PUNCTATUM

NIVEL DE ATAQUE GRAVE



1

INTERPRETACIÓN DEL MAPEO:

Fijamos el nivel Grave para elementos estructurales con perforaciones superficiales abundantes, el nivel Moderado para el resto de elementos con perforaciones superficiales abundantes y el Leve para las perforaciones superficiales de poca relevancia (tanto en estructura como en el resto de elementos).

AFECCIONES CARCOMA COMÚN	
Nivel de ataque Leve	CL
Nivel de ataque Moderado	CM
Nivel de ataque Grave	CG

NIVEL DE ATAQUE MODERADO

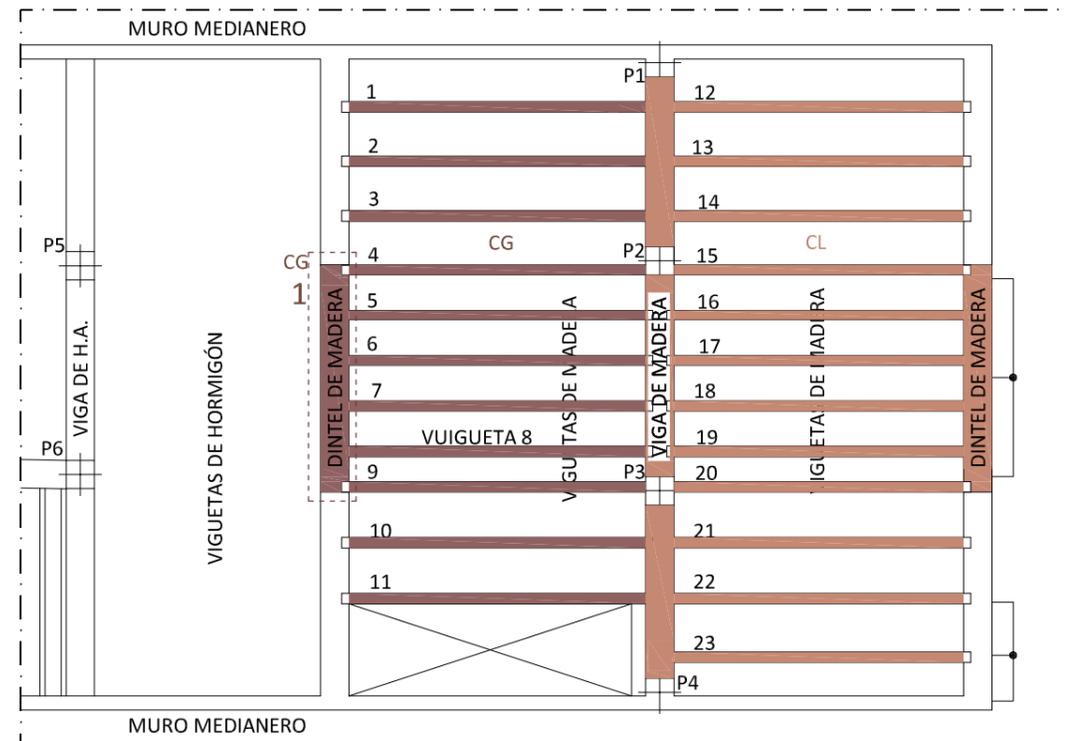


2

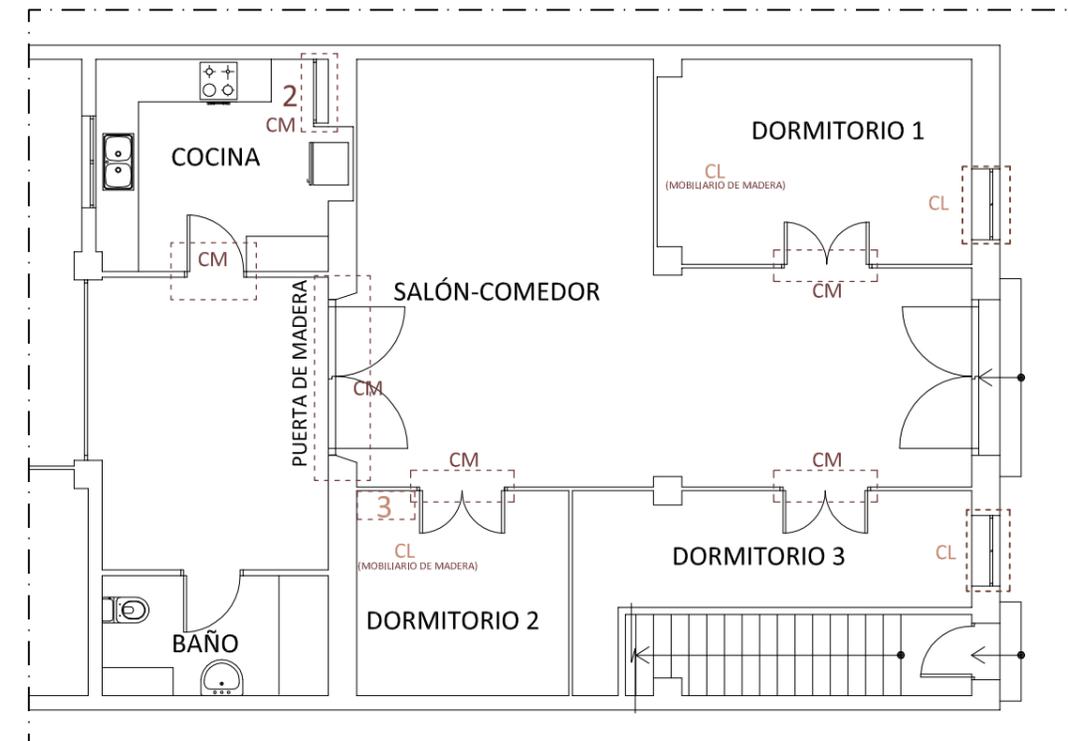
NIVEL DE ATAQUE MODERADO



3



ESTRUCTURA PLANTA BAJA



DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA

4.4.5 MAPEO GRIETAS

GRIETAS VERTICALES



1

2

3

INTERPRETACIÓN DEL MAPEO:

Establecemos dos tipologías de grietas: las producidas en los elementos horizontales (forjado) y las que se encuentran en elementos verticales (paramentos).

AFECCIONES GRIETAS	
Grietas en elementos Verticales	GV
Grietas en elementos Horizontales	GH

GRIETAS HORIZONTALES

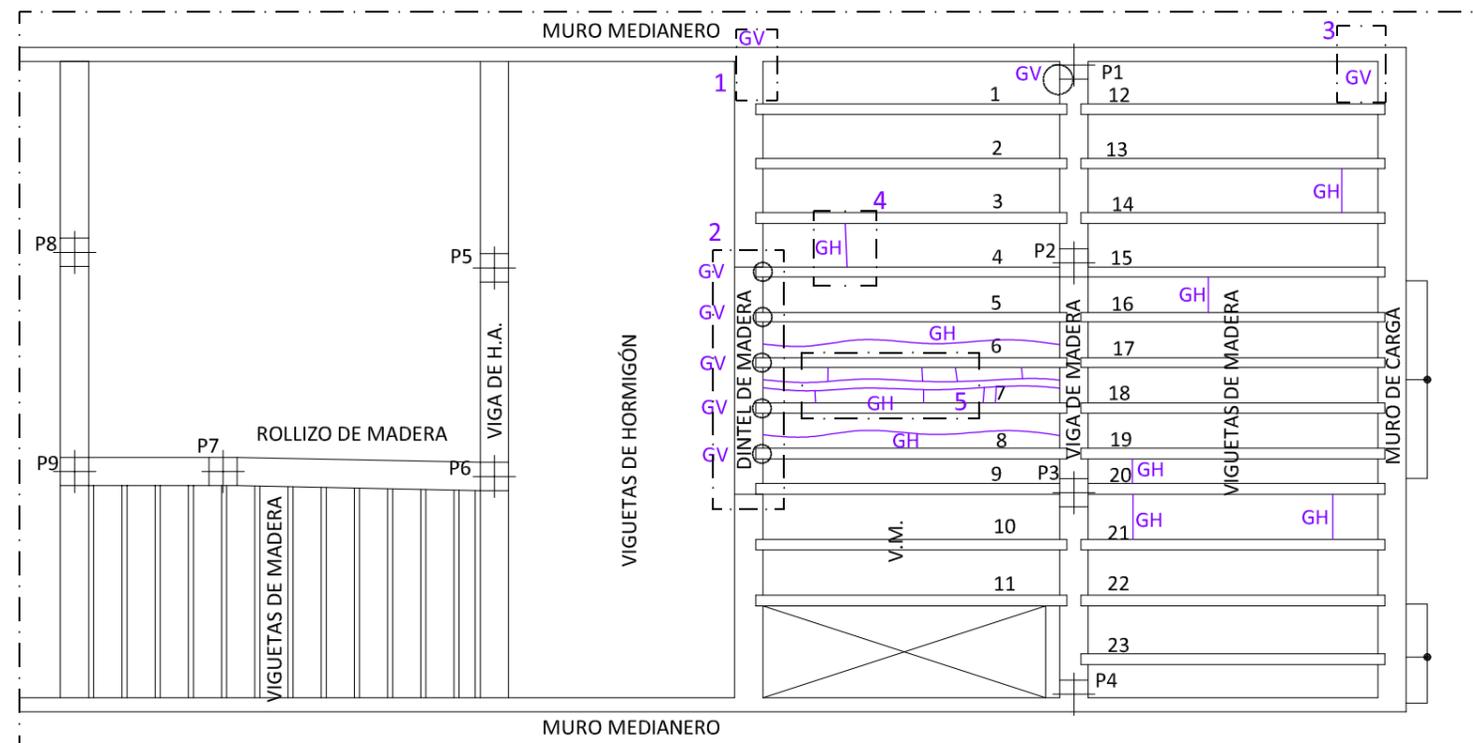


4

5



2 (Detalle)



4.5 CONCLUSIÓN

La vivienda se construyó sobre una zona de huerta con un alto grado de humedad del terreno y tanto los elementos estructurales como los pavimentos en Planta Baja están en contacto directo con dicho terreno. Por estos motivos, la **humedad capilar** está presente en todas las estancias de la planta y cabe mencionar los problemas de salubridad que genera un alto grado de humedad en el ambiente para las personas que en ella habitan.

Concretamente en la Cocina, encontramos una baldosa cerámica del paramento fracturada con una hinchazón de la superficie, atribuimos este efecto a una fuga en el albañal que desagua el fregadero ya que los propietarios lo han comunicado. En el resto de la vivienda encontramos humedades en la tabiquería interior de menor relevancia porque únicamente se aprecia el desconchado de revestimiento o cambios de color de la superficie, sin daños característicos. En lo que al solado respecta, toda la vivienda presenta un grado de humedad a tener en cuenta para el acondicionamiento de la vivienda.

Para la interpretación de los daños generados por los insectos xilófagos, no podemos despreciar los efectos que la humedad ocasiona para el desarrollo de la vida de estos:

- Las termitas forman sus termiteros en el subsuelo y necesitan un grado de humedad superior al 80 %. Por este motivo, erradicando el problema de humedad haremos más incomoda su presencia, asimismo hay que solventar los problemas de fugas en la red de saneamiento y revisar la de suministro de agua.
- Tanto la carcoma grande como la carcoma común de los muebles necesitan un grado de humedad del aire superior al 20 %, por lo tanto, la presencia de humedad favorecida por la aportación de humedad de los elementos constructivos beneficia el crecimiento de las larvas de estos insectos en la madera.
- Cualquier fuga de agua que recaiga sobre un elemento estructural de madera modifica las propiedades mecánicas de este, pudiendo dar lugar a grietas en los forjados que posteriormente desencadenen en una patología importante para la integridad del edificio.
- Las esporas de los hongos de pudrición de la madera se empiezan a desarrollar a partir del 35 % de humedad. Por ello, si eliminamos la humedad de la vivienda descartamos los desperfectos que estos puedan ocasionar en los encuentros de las vigas y viguetas en los muros o en el encuentro de los marcos de puertas contra el solado.

Teniendo en cuenta estos parámetros, pasamos a interpretar más detalladamente los insectos xilófagos que pueden dañar la madera en la vivienda.

De las **termitas** (*Reticulitermes lucifugus Rossi*) también sabemos que atacan todo tipo de maderas, pero prefieren la albura. En lo que a la estructura se refiere, la madera procede del pino melis, una conífera proveniente del sudeste de Norteamérica muy resistente, de alta densidad y con un bajo grado de humedad. Los cortes realizados para el despiece del tronco dejan un volumen de albura muy reducido en los puntos comprobados más desfavorables apenas alcanza los 4 cm. Además, el forjado no tiene lámina antipacto ni aislamiento acústico y el continuo movimiento de la vivienda superior puede incomodarlas. Por todos estos factores, además de la comprobación pertinente antes descrita, afirmamos que no hay existencia de termites en la madera estructural.

La madera en la carpintería interior de la vivienda pertenece también a pino melis. En el caso de los marcos de las puertas, el espesor de la madera es de 4x4 cm de albura, haciendo estas piezas más apetecibles para las termitas, pues están en contacto directo con el solado. Por ello, todos los marcos de puertas de madera de la vivienda están infestados, se trata de un ataque reciente ya que solo afecta a unos 20 cm de altura en el punto más desfavorable, asimismo no se ha llegado en ninguno de ellos a la destrucción total de la madera. Caso aparte es la Cocina. En ella no queda madera en ninguno de los elementos. Las condiciones son óptimas para el desarrollo de su actividad, llegando al punto de destrucción total de los marcos, tanto de la puerta como del mueble de despensa.

La madera de las hojas de todas las puertas de la vivienda no están afectadas, pues el movimiento de oscilación de estas cada vez que se abren o cierran, impide la libre circulación de los insectos por sus conducciones haciendo la unión del marco y la hoja un punto crítico de paso (recordamos que las termitas son fotosensibles y necesitan plena oscuridad). Lo mismo ocurre en el mobiliario de madera de la vivienda.

La carpintería exterior de la casa en la Fachada Principal también es de madera. La fachada está orientada al sur, por lo que recibe la luz del Sol prácticamente todo el día. Esto favorece la desecación de la madera y rebaja el grado de humedad, por lo tanto, es menos probable que exista un ataque de termitas en este punto.

La **carcoma grande** (*Hylotrupes bajulus*) es un coleóptero que desarrolla su vida como larva en el interior de la madera, alimentándose de esta creando galerías internas en sentido paralelo a las fibras. Únicamente perfora la superficie del elemento en que se encuentra para salir en forma de insecto adulto en los meses de verano y continuar su ciclo de vida apareándose y poniendo huevos en el interior de las fendas de la madera.

En la vivienda objeto de estudio encontramos el punto más evidente de su presencia en la puerta grande interior que comunica la casa con la ampliación de hormigón. Esta madera tiene las mismas características que los marcos de la vivienda (pino melis). Este punto es el más húmedo de la vivienda, asimismo la madera que forma la puerta presenta varias fendas importantes (podrían dar pie a que las hembras de la carcoma depositen ahí sus huevos). Estos podrían ser varios de los motivos que justifiquen la presencia de este insecto en la madera y por las abundantes galerías encontradas en el testeo clasificamos este punto como el principal foco de *Hylotrupes bajulus* que hay que eliminar. Curiosamente, en la vigueta situada sobre esta puerta también encontramos una galería importante que consideraremos grave por los daños que podría causar estructuralmente si no se interviene en el

edificio. En el resto de la construcción solo hallamos más signos de este insecto en el dintel de la puerta de la entrada principal y en las ventanas de la fachada. El dintel lo valoraremos de la misma forma que la vigueta anterior, ya que al tratarse de un elemento estructural, podría acarrear graves daños sobre la integridad del edificio. Respecto a las ventanas de la fachada se recomienda, ante el deterioro que las inclemencias del tiempo han ocasionado sobre ellas, con el agravante que se han encontrado galerías de carcoma grande, se desechen lo antes posible cambiándolas por otras nuevas.

La **carcoma común de los muebles** (*Anobium punctatum*) es un insecto anóbido que desarrolla su ciclo de vida entrando y saliendo de la madera a través de pequeñas perforaciones circulares. La temperatura que favorece su desarrollo es de 22 °C con un grado de humedad óptimo de 20 %. Ataca la albura preferiblemente de las coníferas, aunque también puede atacar el duramen si presenta pudrición.

Con estos datos y con los resultados del testeo podemos llegar a la conclusión de que:

- Están presentes en todos los elementos leñosos de la vivienda, de forma más o menos abundante, porque al estar en continuo movimiento de entrada y salida en la madera favorece que se propague con mayor rapidez.
- Hay mayor concentración de estos signos en la parte norte de la vivienda, debido a que es la parte más húmeda. Además comprobamos que en la puerta principal, orientada al sur, al recibir el Sol gran parte del día el grado de humedad es más bajo y apenas hay signos de la presencia de este insecto, asimismo las viguetas de la tramada sur de la vivienda presentan el mismo síntoma que la puerta. Concluimos que la carcoma común de los muebles ataca la parte que reúne mejores condiciones para su desarrollo, pero si no se erradica el problema, finalmente llegará a afectar a todos los elementos.
- En los puntos donde tenemos infestación de termitas se incrementa el ataque de la carcoma común, ya que la termita requiere un elevado grado de humedad que favorece también el desarrollo de la carcoma.

De las **grietas** evaluadas en el testeo, llegamos a la siguiente conclusión:

- Las grietas producidas en los elementos verticales, generalmente en los encuentros entre muros o entre tabiques y pilares, son el resultado de la falta de enjarjes en los encuentros. Esto puede deberse a la construcción de los elementos en períodos distintos o al desconocimiento de la forma de trabajo de los diferentes elementos, ya que los enjarjes se realizan para crear uniones solidarias que permitan trabajar los elementos de forma conjunta. De lo contrario, cada elemento actúa por separado y absorbe los movimientos de forma distinta y esto se evidencia a través de las grietas en el encuentro.
- Las grietas producidas en elementos horizontales se deben a la deformación de las viguetas de madera. Las que se encuentran en sentido transversal, se deben a que con el tiempo la madera

pandea, ya sea por un exceso de carga en un momento puntual o por el debilitamiento de la madera por causa externa a ella; la bóveda cerámica absorbe la deformación producida hasta que colapsa y es entonces cuando aparece la grieta. Las que se encuentran en sentido longitudinal se deben al asiento de una o ambas viguetas que forman la bóveda; al desplazarse en el eje vertical, la bóveda sufre un asiento diferencial en toda su longitud, manifestándose en las grietas longitudinales. Se ha comprobado en el testeo si el pandeo de las viguetas que presentaban grietas en las bóvedas es por causa biótica, pero se descarta dicho motivo por la ausencia de signos.

5 SOLUCIONES PROPUESTAS

Este apartado va a tratarse a través de fichas, separando las distintas soluciones propuestas según las distintas patologías estudiadas y a través de detalles constructivos de los elementos.

El orden de intervención que se propone es el siguiente:

- Tratamiento de las humedades capilares de la vivienda. Para ello se realizará un forjado sanitario en Planta Baja para ventilar la parte inferior del mismo. Además, se incorpora un sistema de electroósmosis inalámbrico para eliminar las humedades en los muros de carga. Esta intervención supone la demolición de las particiones interiores y la consiguiente reconstrucción de las mismas mediante tabiquería seca de yeso laminado. Las carpinterías de madera situadas en la fachada se desechan y se sustituyen por unas nuevas, asegurando el correcto sellado de las mismas para evitar filtraciones de agua al interior de las estancias. La bajante de evacuación de aguas pluviales situada en la fachada se debe reparar para evitar infiltraciones accidentales por fugas puntuales de la misma.
- Realización del refuerzo del dintel de madera, como explicaremos en la ficha correspondiente.
- Realización de enjarjes entre muro de fachada y medianeros mediante perfilera metálica empotrada en los muros.
- Refuerzo del forjado de Planta Baja mediante losa armada de hormigón ligero.
- Tratamiento preventivo ante el ataque de *Reticulitermes lucifugus Rossi*, de vigas y viguetas mediante inyección en cabeza de vigas y viguetas.
- Tratamiento de *Hyloterpes bajulus* y *Anobium punctatum* mediante pulverización o pincelado de producto químico específico.
- Refuerzo y acondicionamiento de la cubierta inclinada de par y picadero mediante losa armada de hormigón ligero y zunchado de alero y cumbrera, como veremos en la ficha correspondiente. Además se integra aislamiento térmico-acústico para mejorar la inercia térmica de la cubierta.
- Tratamiento de barrera química inyección en la base de los muros para neutralizar el ataque de *Reticulitermes lucifugus Rossi* en la base de los muros de carga, en todo el perímetro de la vivienda. Este tratamiento se realiza una vez desecados los muros de carga, ya que el sistema de electroósmosis cambia la polaridad del agua haciendo que descienda por los capilares. Esto podría alterar el funcionamiento de la barrera química ya que el producto empleado es soluble al agua, por lo tanto para garantizar su efectividad debemos haber finalizado con el tratamiento de electroósmosis. Además, las termitas se desarrollan en un entorno con elevado grado de humedad, con lo que si

primero eliminamos este problema, la barrera química es más efectiva. Hay que mencionar, que al realizar el forjado sanitario se realiza un vaciado de tierras vegetales, ayudando así a la eliminación de posibles termiteros en el subsuelo de la vivienda, ya que la barrera química solo afecta al perímetro de la misma.

Las características de cada intervención se desarrollan en las fichas que se muestran a continuación.

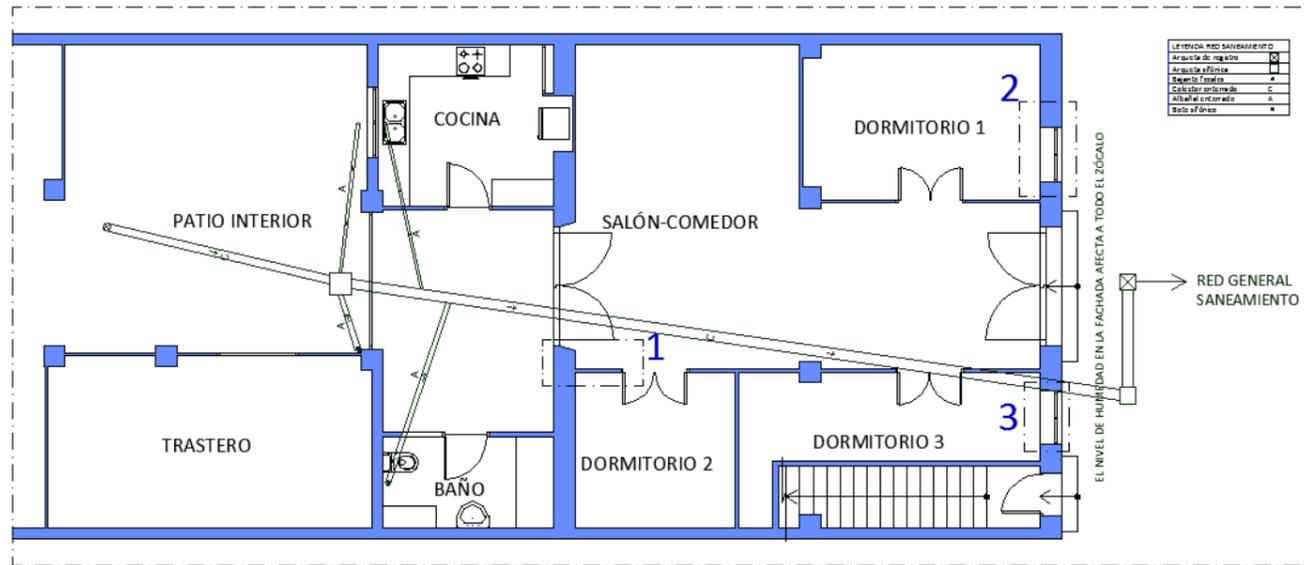
1

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Humedades por capilaridad en muros de carga y particiones de la vivienda.

LOCALIZACIÓN: Planta Baja

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



Se plantea una patología con un mismo origen, con lo cual afecta a todos los muros de carga de la vivienda y particiones interiores. Se muestran fotografías de los elementos con daños más evidentes para la identificación, pero se trata de forma conjunta en toda la vivienda.

SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN:

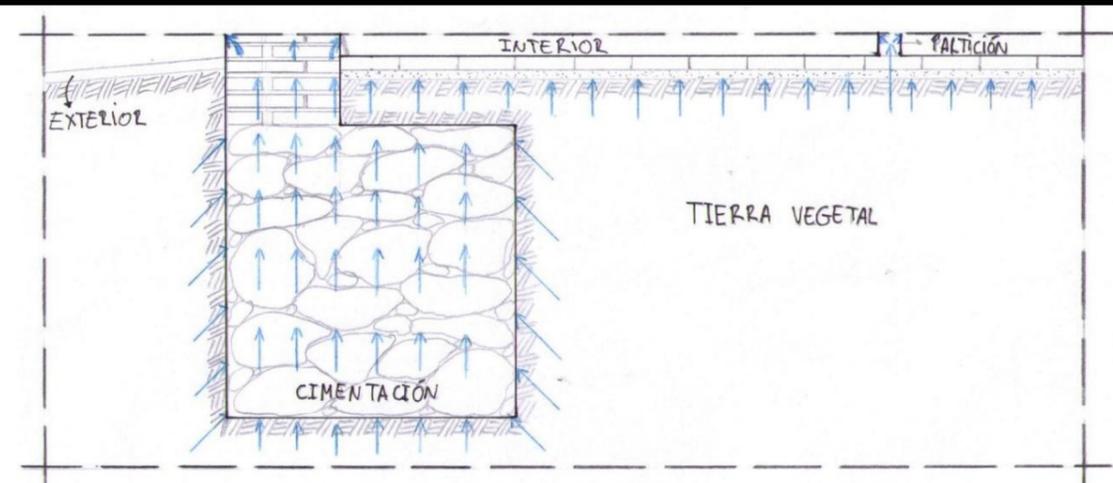
Los paramentos más afectados presentan una decoloración de la pintura, desconchamientos de la misma y de parte del revestimiento de yeso, además de la falta de planeidad. El resto de la vivienda, como hemos visto en los mapeos de humedades, tiene un grado de humedad que en algunos puntos no se sintomatiza, pero se ha comprobado que el problema afecta a todos los paramentos.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

Las causas de la humedad capilar se deben principalmente al contacto con el terreno de los muros de carga y la solera.

Los muros de carga están en contacto directo con la cimentación y esta a su vez con el terreno. Al no estar independizados, el grado de humedad del terreno es absorbido por el mortero de la cimentación que asciende por los muros de carga evidenciándose en el interior de la vivienda como muestran las imágenes.

En las particiones interiores ocurre lo mismo. En este caso, el pavimento de Planta Baja está colocado directamente sobre el terreno, transmitiéndose la humedad de este a las particiones.



1

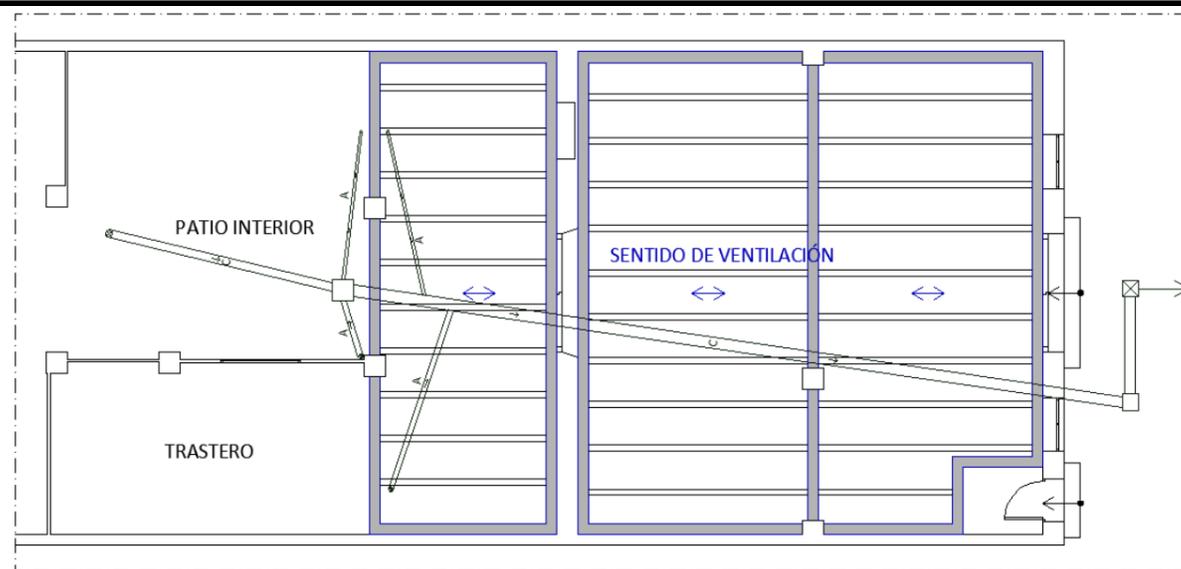
DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Humedades por capilaridad en muros de carga y particiones de la vivienda.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Forjado sanitario ventilado con sistema de electroósmosis inalámbrico.

La intervención que se propone consta de dos componentes: la realización de un forjado sanitario para independizar el terreno de la vivienda y ventilar mediante una cámara creada para favorecer la desecación, con un sistema de electroósmosis para la desecación de muros de carga. El procedimiento es el siguiente:

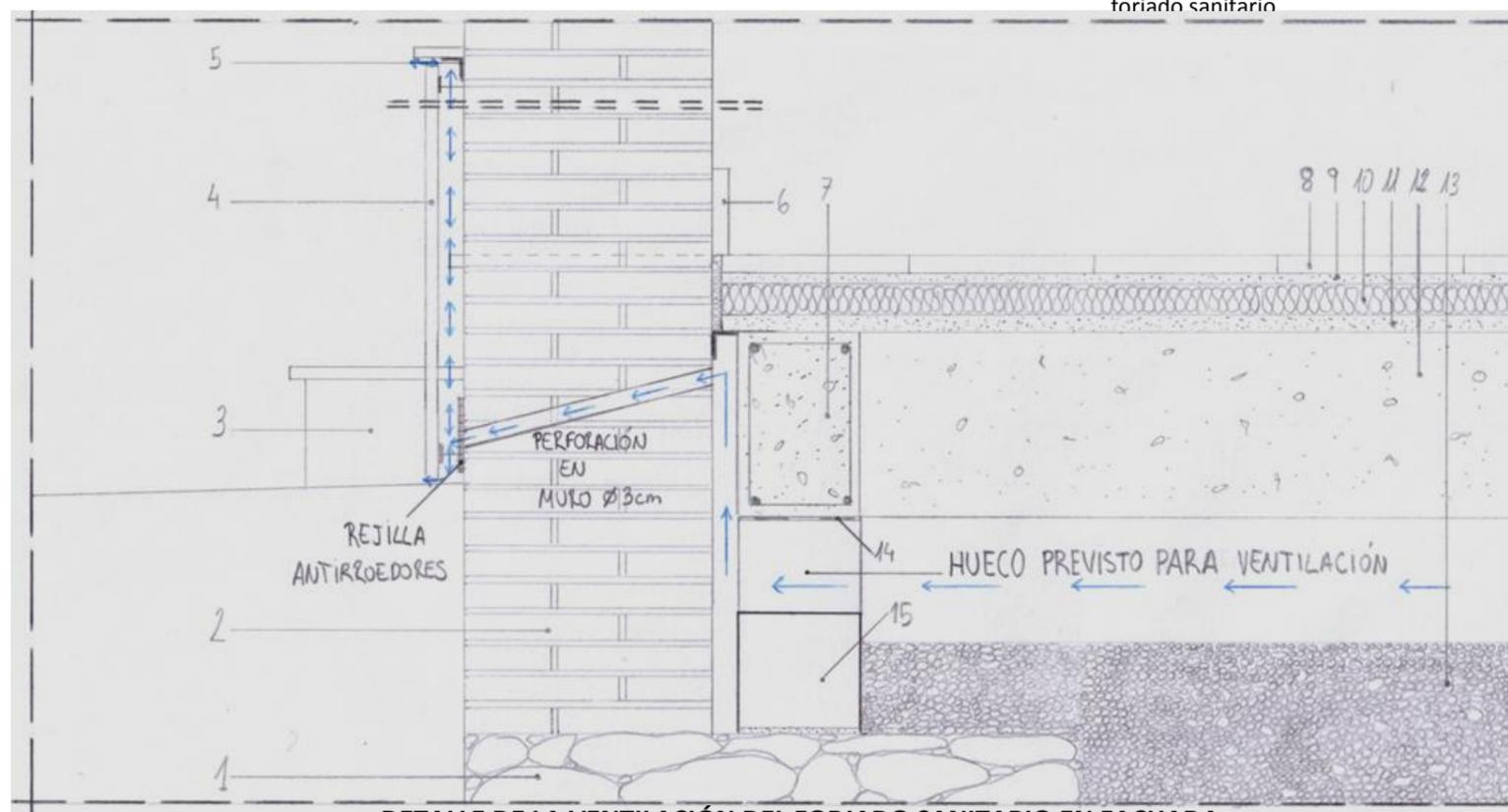
- Retirada de tabiquería interior de Planta Baja y evacuación de escombros.
- Levantamiento del pavimento existente en Planta Baja y vaciado de una capa de tierra vegetal de 80 cm.
- Picado de revestimientos hasta una altura de 1,5 m desde el nivel del pavimento interior, para permitir la exudación de los muros.
- Comprobar el estado de la red de saneamiento de la vivienda, en caso de estar obsoleta o presentar pérdidas, subsanar los daños o realizar una nueva red de saneamiento.
- Ejecución de muretes guía para el apoyo del forjado sanitario.
- Relleno de la tierra extraída con grava para favorecer la ventilación de la cámara que vamos a crear con el forjado sanitario.
- Ejecución del forjado mediante viguetas autorresistentes, bovedilla de hormigón y capa de compresión de 5 cm con malla electrosoldada.
- Colocación de pavimento en la vivienda y ejecución de particiones interiores con tabiquería seca de cartón-yeso (con sus respectivas instalaciones).
- Aplicación de revestimientos mediante morteros drenantes en las zonas que hemos picado.
- Aplicación de pinturas al silicato, pliolite o plioyway, que permiten que transpiren los muros.
- Colocación del sistema de electroósmosis inalámbrico.



REPLANTEO DE MURETES GUÍA, DIRECCIÓN DE VIGUETAS Y SENTIDO DE VENTILACIÓN DEL FORJADO SANITARIO

LEYENDA DEL DETALLE

1. Cimentación del muro de fachada.
2. Muro de carga de fachada.
3. Escaleras de acceso a Planta Baja (proyección).
4. Zócalo de material con coeficiente de absorción menor de 3 %.
5. Angular fijado mecánicamente para remate del zócalo.
6. Rodapié cerámico recibido con mortero de cemento.
7. Zuncho de atado del forjado sanitario.
8. Pavimento cerámico de dimensiones 30x30 cm.
9. Mortero de cemento para recibido de pavimento cerámico.
10. Aislamiento térmico polietileno alta densidad (e = 5 cm).
11. Mortero de regularización (e = 3 cm).
12. Forjado sanitario.
13. Capa de grava de 30 cm.
14. Barrera impermeable de material bituminoso (e = 5 mm).
15. Murete de bloques de hormigón (20x20x40 cm) para apoyo forjado sanitario.



DETALLE DE LA VENTILACIÓN DEL FORJADO SANITARIO EN FACHADA

1

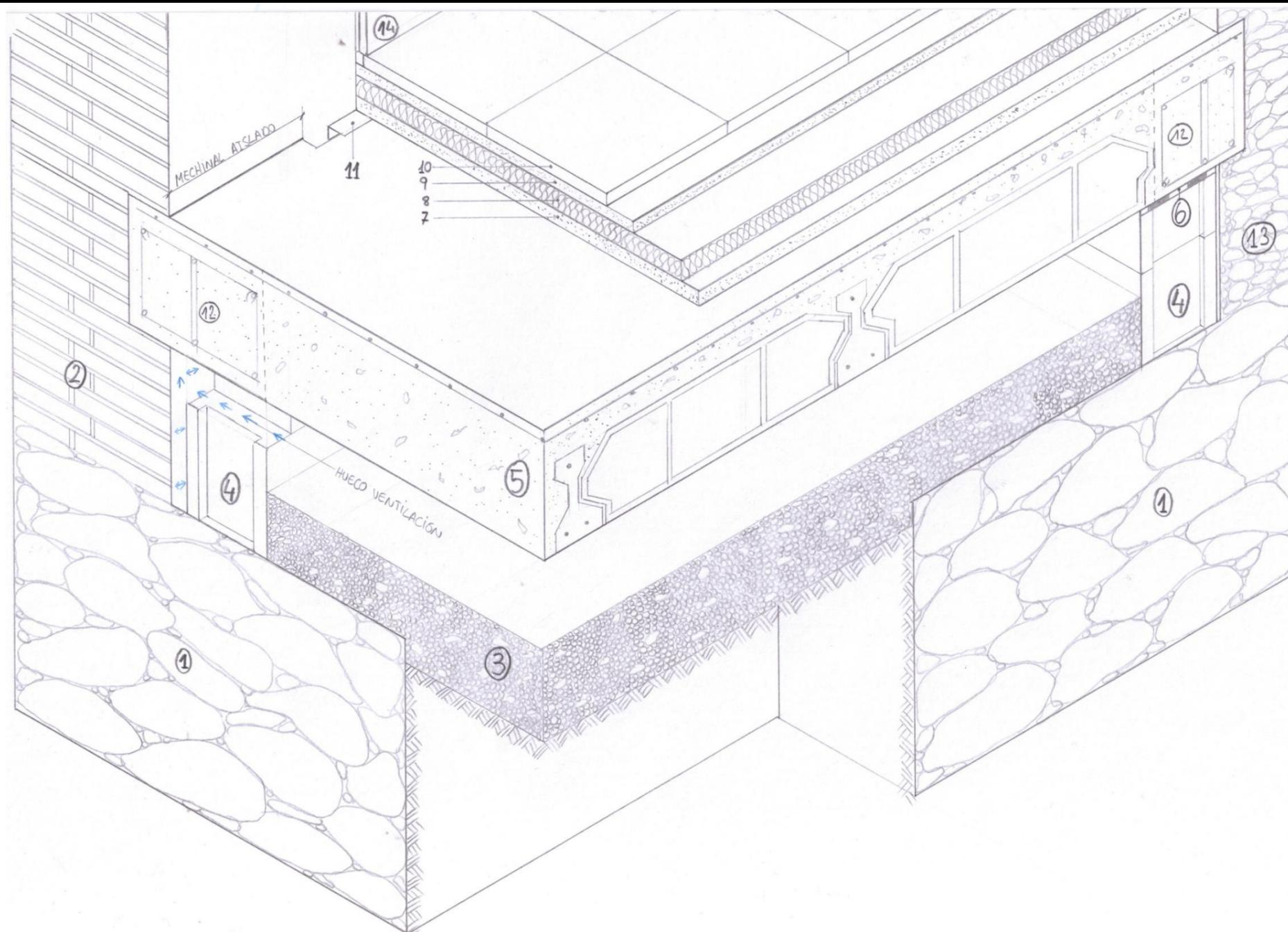
DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Humedades por capilaridad en muros de carga y particiones de la vivienda.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Forjado sanitario ventilado con sistema de electroósmosis inalámbrico.

LEYENDA DEL DETALLE

1. Cimentación del edificio mediante bolos de gran tamaño y morteros de áridos del *Barranc de Carraixet* y cal.
2. Muro de carga de fachada mediante fábrica de ladrillo cerámico recibido con mortero de cal de 2 pies de espesor.
3. Capa de grava de 30 cm de espesor colocada sobre el terreno, dejando una cámara ventilada entre el forjado sanitario de 20 cm de espesor.
4. Muro de fábrica de bloques de hormigón (20x20x40 cm) para el apoyo del forjado sanitario.
5. Forjado sanitario formado por viguetas de hormigón pretensadas autorresistentes, bovedilla de hormigón, armadura de negativos y capa de compresión de 5 cm con malla electrosoldada. Canto de forja de de 30 cm.
6. Lámina bituminosa asfáltica sobre muro de bloques de hormigón para impedir la filtración por capilaridad al forjado sanitario.
7. Capa de regularización mediante mortero de cemento de 3 cm de espesor.
8. Aislante térmico formado por polietileno de alta densidad con un espesor total de 5 cm.
9. Mortero de cemento para el agarre del pavimento cerámico con 2 cm de espesor.
10. Pavimento cerámico de 30x30 cm.
11. Angular metálico para la unión del forjado sanitario con la fachada (donde no existe mechnal aislado).
12. Zuncho de atado del forjado sanitario en conexión con el mechnal realizado en el muro de carga.
13. Muro de carga medianero.
14. Rodapié cerámico recibido con mortero de cemento.



AXONOMÉTRICA DEL ENCUENTRO DEL FORJADO SANITARIO CON MURO DE FACHADA Y MEDIANERO

1

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Humedades por capilaridad en muros de carga y particiones de la vivienda.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Forjado sanitario ventilado con sistema de apoyo de electroósmosis inalámbrica.

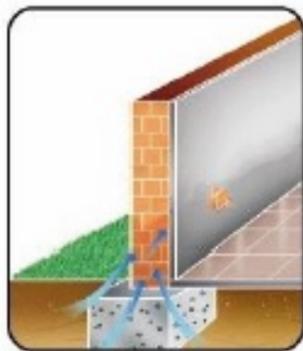
FICHAS TÉCNICAS: Sistema de electroósmosis inalámbrica.



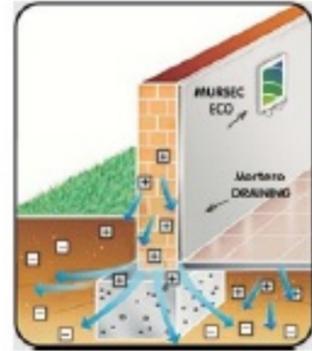
ELECTROÓSMOSIS INALÁMBRICA

Este sistema de electroósmosis inalámbrica funciona igual que la electroósmosis, pero con la ventaja añadida de que no requiere tanta mano de obra ni gastos de instalación. Funciona de la siguiente manera:

Se emite una señal que anula el campo electro-estático del muro y permite invertir la polaridad existente entre suelo y pared. Esto provoca que el agua ionizada descienda a través del muro hacia el subsuelo. De este modo los iones son forzados a invertir la dirección de sus movimientos. Así éstos se moverán hacia abajo y arrastrarán en su descenso parte de las sales. Es automático, inalámbrico, silencioso y no utiliza química, dado que el secado se produce mediante la emisión de ondas de radiofrecuencia que devuelven la humedad al subsuelo. La única premisa para poder instalarlo es un enchufe a 220 V con toma de tierra. Las ondas que emite el aparato no afectan a las personas ni a los animales o a otro tipo de aparatos y su consumo es muy bajo.



Dibujo 1: Circulación normal del agua por ascensión capilar.



Dibujo 2: Circulación del agua tras la inversión de la polaridad.

La humedad presente en la mampostería, incluyendo las sales disueltas en la misma, migran fuera del campo creado artificialmente por el aparato de control.

Una condición obvia es el hecho que el agua se desplaza por donde menos resistencia encuentra. De esta manera comienza un movimiento migratorio diagonal hacia abajo cuando no encuentra capas impermeables en su camino.



Una gran parte de la humedad llega a la superficie de la pared y se evapora. Cuando se trata de paredes anchas, este proceso puede ocasionar un estancamiento de humedad en la superficie, lo cual puede remediarse con buena ventilación de los ambientes.

Se trata pues, de un dispositivo totalmente electrónico basado en la tecnología IR (impulsos de resonancia) que actúa sobre un radio de acción determinado permitiendo el secado de paredes y suelo, y evitando que la humedad vuelva a remontar en el futuro, sin la necesidad de electrodos ni cables.

Mucho se ha especulado acerca de este procedimiento fundamentalmente a través de los problemas de corrosión que pudiera generar la utilización de estos aparatos. Todos estos rumores son falsos. Como bien es sabido para generar un par galvánico por corrosión se necesitan 1,2 voltios, y el aparato utilizado para la electroósmosis inalámbrica, genera impulsos de 0,1 voltios. Por tanto todo lo especulado al respecto no es cierto.

El inconveniente que presenta radica en que funciona conectado a la corriente eléctrica, (aunque también disponemos de modelos alimentados por energía solar y a pilas) y por su forma de funcionamiento se hace necesario que esté conectado siempre, en caso contrario, el sistema dejaría de funcionar y la humedad podría volver a aparecer, aunque para que el fenómeno capilar se forme de nuevo deberá transcurrir un largo tiempo. Bien es cierto que el consumo del aparato es mínimo (10€ al año), lo que no supone un derroche importante y si a la larga una importante comodidad, al no requerir ningún tipo de obras.

Muchos se preguntarán que pasa, por tanto, si deja de existir corriente eléctrica por un tiempo, es decir, lo que coloquialmente decimos como "se ha ido la luz". El sistema es capaz de rearmarse sin problemas tras la reanudación de la corriente eléctrica y continuar funcionando con total normalidad, y si la desconexión ha sido mínima prácticamente no influirá en el tratamiento. Así mismo estos sistemas van protegidos frente a sobretensiones utilizando fusibles los cuales se autoreaman.



(Extractado del Proyecto Final de Carrera, Ingeniero de Metales, Oscar Mata Zaragoza IUV, 2009).

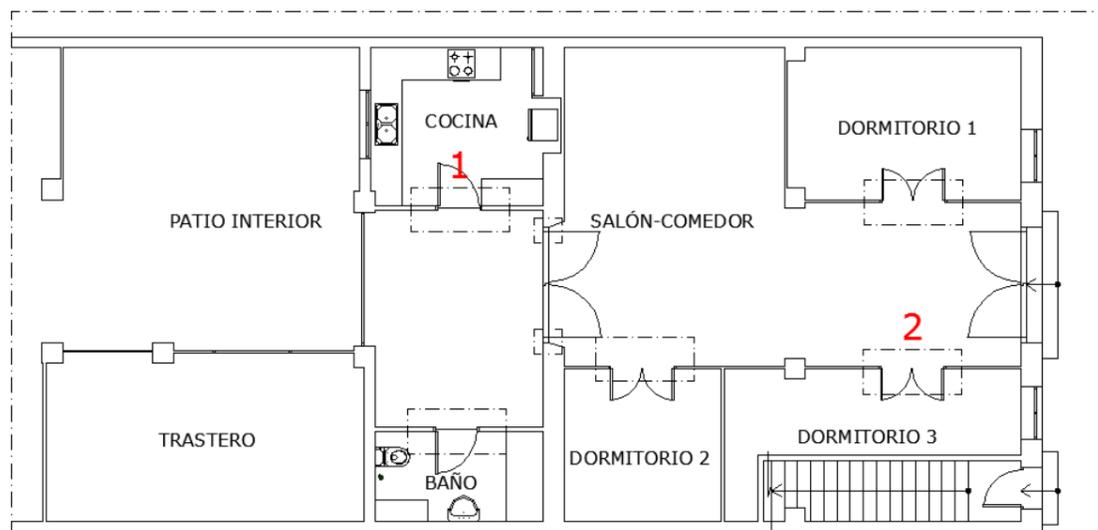
2

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Reticulitermes lucifugus* Rossi (termitas).

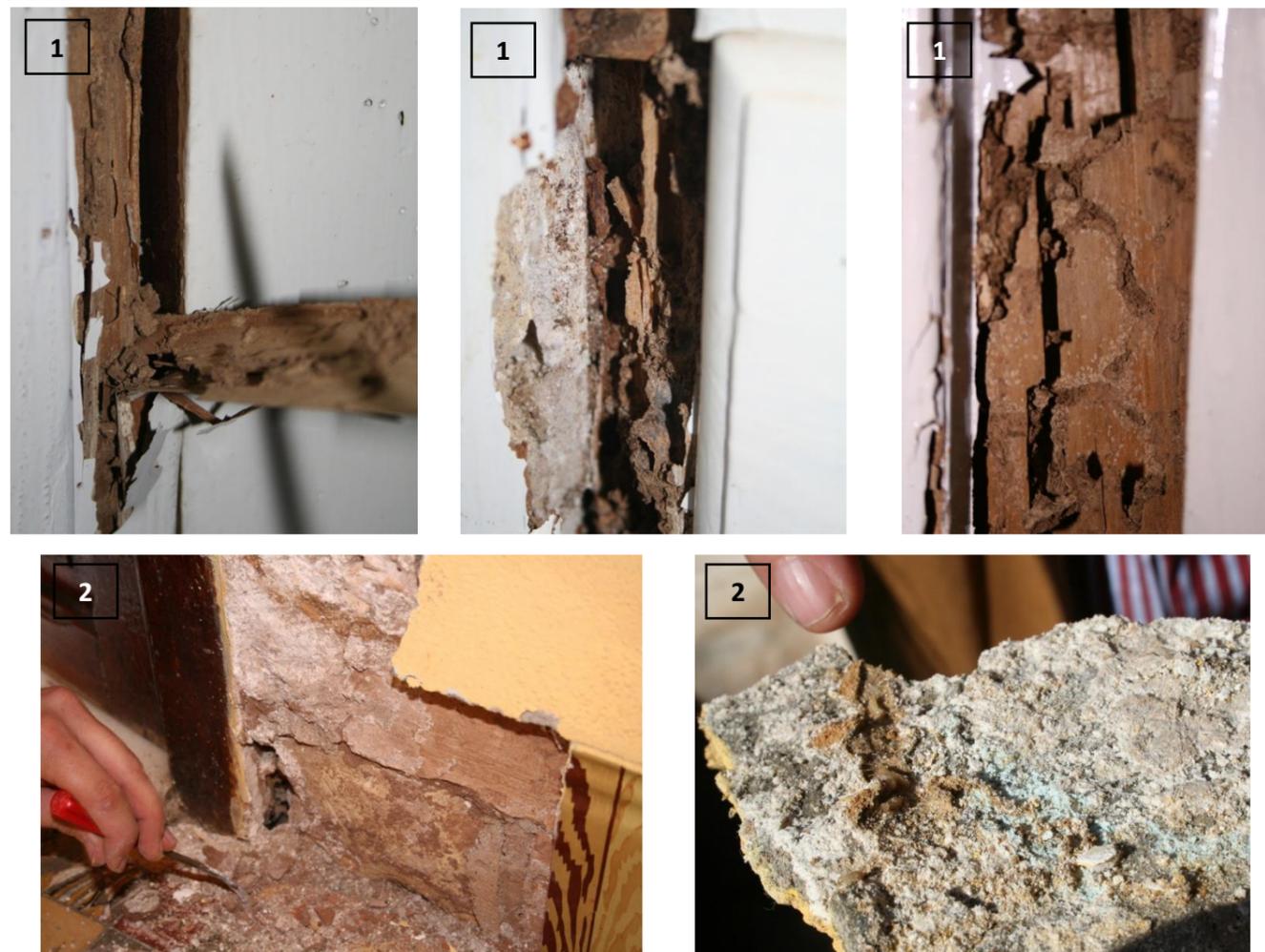
LOCALIZACIÓN: Carpinterías Planta Baja

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA

El esquema muestra los puntos de las carpinterías que están afectados por el ataque de las termitas, los que están numerados corresponden con las imágenes de la lesión. No obstante, la infección puede afectar la integridad de la madera estructural, por lo que se propone un tratamiento global para toda la vivienda.



SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN

Destrucción de la madera dejando láminas internas en forma de hojas de libro, restos de serrín y tierra que arrastra desde el solado para reforzar paredes debilitadas, ataque en sentido paralelo a las fibras y pérdida de sección en los elementos leñosos atacados.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

Las condiciones de humedad que contiene el terreno y la humedad por capilaridad presente en los muros favorecen la aparición de estos insectos que forman sus termiteros en el subsuelo y ascienden por los muros alimentándose de la madera que encuentren a su paso. Además, en la misma manzana donde está emplazada la edificación, hay evidencias de tratamientos antitermitas que nos llevan a pensar que hay una importante infección en la zona.

2

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Reticulitermes lucifugus* Rossi (termitas).

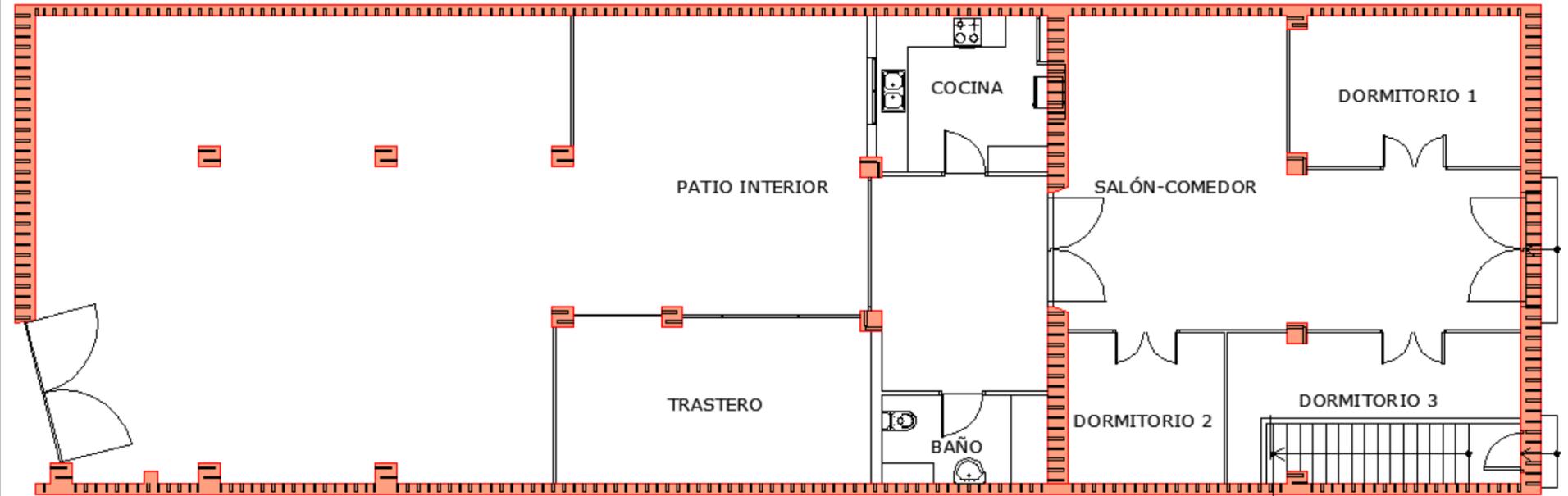
INTERVENCIÓN PROPUESTA: Barrera química mediante inyección en muros y forjado leñoso.

En primer lugar, hay que solucionar los problemas de humedad que existen en la vivienda. Para ello, debemos ejecutar el tratamiento propuesto en la ficha 1 mediante el forjado sanitario y el sistema de electroósmosis inalámbrica. Es importante tener en cuenta que el sistema de electroósmosis cambia la polaridad del agua haciendo que descienda por los capilares, por lo tanto el primer paso consiste en realizar el tratamiento de electroósmosis y una vez desecados los muros, proceder a la creación de la barrera antitermitas, como veremos a continuación.

En la realización del forjado sanitario anteriormente propuesto, demolemos las particiones interiores y esto supone sanear los cercos de las puertas afectados, que es imprescindible para asegurar la eficacia del tratamiento antitermitas.

El siguiente paso y, para impedir el acceso de las termitas a la vivienda, realizamos un tratamiento curativo creando una barrera química mediante inyección en la base de los muros de carga con Termidor SC:

- Se realizan perforaciones en el perímetro de la vivienda y en todos los muros y pilares en contacto directo con el terreno cada 20 cm con una inclinación de 45° y alcanzando 2/3 del espesor del muro.
- Se colocan válvulas de entrada en las que se inyecta el producto a presión. Este se disuelve en el muro creando un bulbo de infección, el objetivo es establecer una barrera continua a través del muro, por lo tanto, la distancia entre válvulas permiten el solapo de estos bulbos, asegurando dicha barrera.



REPLANTEO DE LA BARRERA ANTITERMITAS EN LOS MUROS DE PLANTA BAJA



A la izquierda vemos la imagen de las válvulas utilizadas para crear la barrera antitermitas, tanto en muros de carga como en cabeza de vigas y viguetas. Una vez realizada la perforación en el elemento (el diámetro de la perforación debe responder a la válvula utilizada) se colocan las válvulas que se muestran en la imagen. La cabeza de las están formadas por un orificio especial, igual en todos los tipos de válvulas independientemente del diámetro de las mismas, en el que se coloca la pistola de inyección que a su vez está conectada a un compresor que inyecta el producto químico a presión, tanto en los muros como en las vigas y viguetas.

- La válvula de la izquierda, la de mayor diámetro, es la utilizada en los muros de carga. Tiene un diámetro de 12 mm y una longitud de 80 mm.
- La válvula de color marrón oscuro, la situada en el medio de la imagen, es la que se utiliza en las vigas y viguetas. Tiene un diámetro de 9,5 mm y una longitud de 37 mm.
- La válvula de color marrón claro, la de menor tamaño, es la utilizada en las carpinterías en contacto con el terreno, en los casos que sea necesarias.

Todas funcionan del mismo modo, una vez colocadas en el elemento permiten que se inyecte el producto químico a una presión determinada, que queda alojada en la cámara creada (recordamos que la perforación es de mayor longitud que las mismas válvulas, además de que las mismas son huecas) permitiendo que el producto se expanda en el elemento creando un bulbo de acción que actúa de barrera.

2

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

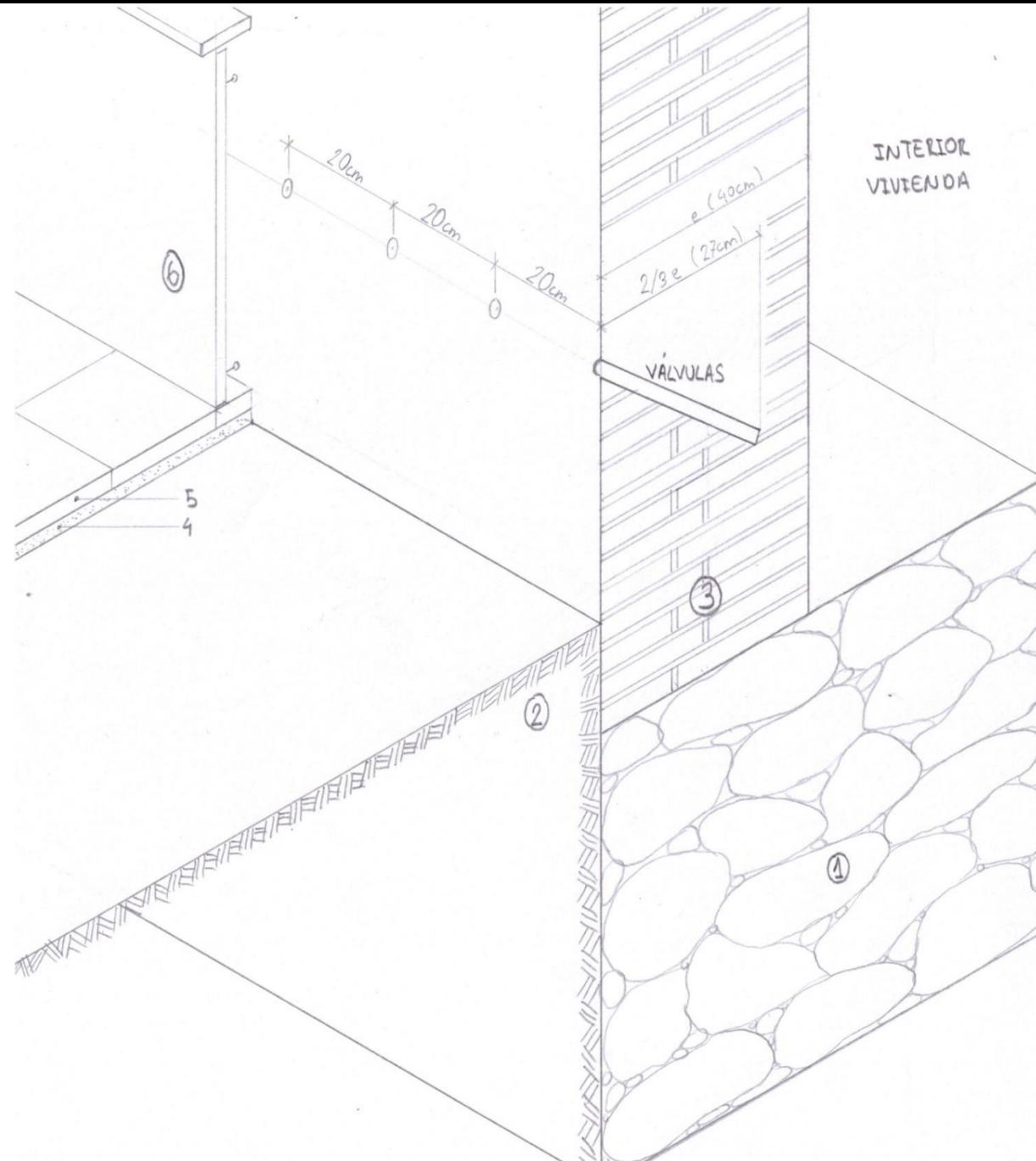
TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Reticulitermes lucifugus* Rossi (termitas).

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Barrera química mediante inyección en muros y forjado leñoso.

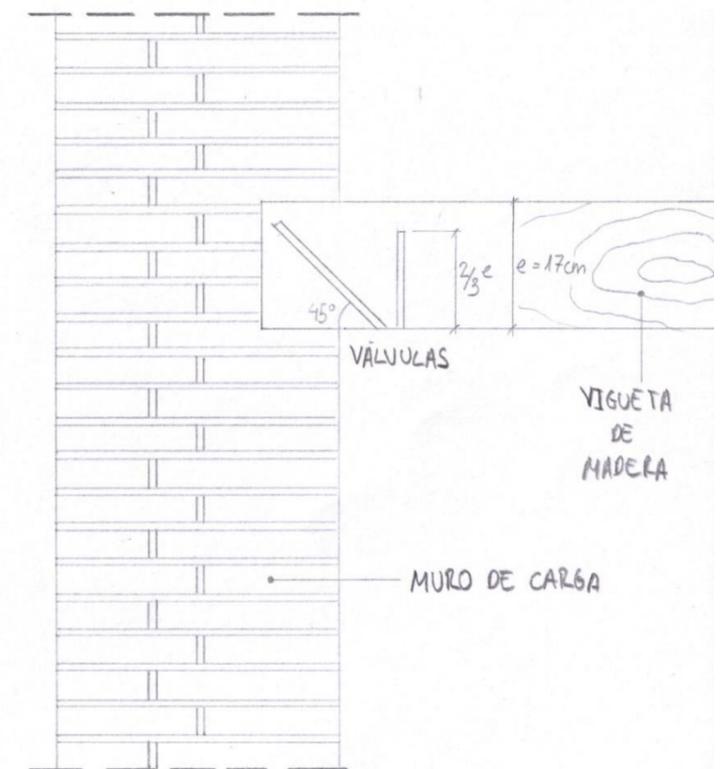
Además del tratamiento curativo mediante barrera química en todos los muros y pilares, que se realiza una vez desecados los muros, cabe garantizar la integridad del forjado leñoso realizando a modo preventivo una barrera química en las cabezas de vigas y viguetas. Este tratamiento se realiza con Corpol Aqua 3, un compuesto químico a base de Cipermetrina, Propiconazol, Tebuconazol e IPBC.

El modo de aplicación es similar al anterior: se deben realizar dos perforaciones en todas las cabezas de vigas y viguetas, una a 45° y otra a 90°, en las que colocaremos unas válvulas de menor diámetro que las anteriores en las que inyectaremos el producto químico.

Este tratamiento preventivo se realiza por la posibilidad de que se produzca una infección de termitas desde un edificio colindante.



DETALLE 1: AXONOMÉTRICA DE COLOCACIÓN DE VÁLVULAS EN FACHADA



DETALLE 2: COLOCACIÓN DE VÁLVULAS EN CABEZA DE VIGUETAS

LEYENDA DE DETALLE 1

1. Cimentación de fachada.
2. Terreno del extradós de la vivienda (bajo acera).
3. Muro de carga de fachada.
4. Mortero de agarre pavimento de la acera.
5. Pavimento de acera mediante baldosa hidráulica.
6. Zócalo de la vivienda.

2

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Reticulitermes lucifugus* Rossi (termitas).

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Barrera química mediante inyección en muros y forjado leñoso.

FICHAS TÉCNICAS: Termidor SC.



Ficha: Termidor® SC
<http://www.quimunsa.com/fichaproducto2.asp?id=28>

FICHA DEL PRODUCTO

TERMIDOR® SC

Aplicaciones: Plagas: Material de protección:



DESCRIPCIÓN

Insecticida de uso profesional para la lucha contra las termitas en forma de suspensión concentrado. Indicado para tratamiento preventivo en suelos y tratamiento curativos en suelos y muros.

CARACTERÍSTICAS

El producto es muy bajo en olor y no detectable por las termitas, a las que mata sin repelerlas. Es activo a muy baja dosis, por lo que minimiza el impacto medio ambiental. No tiene ningún efecto en microorganismos del suelo, en lombrices o en plantas y no representa ningún riesgo por filtraciones a canalizaciones. Se mantiene estable, incluso, en un medio desfavorable (pH) elevado. El efecto del tratamiento es muy duradero y la eficacia se multiplica por la transmisión secundaria (de una termita a otra). Es un producto polivalente que se puede utilizar tanto en construcción como en rehabilitación.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

PRESENTACIÓN

- Botella de 200 ml

COMPOSICIÓN

DISOLVENTES Y EXCIPIENTES C.S.P: 100 %
 FIPRONIL: 9,0 %

REGISTROS

- D.G.S.P.: 093003048

MODO DE EMPLEO

Antes de usar el producto léase detenidamente la etiqueta. A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente siga las instrucciones de uso. El producto nunca se podrá aplicar sobre superficies donde se manipulen, preparen, consuman o sirvan alimentos. No utilizar en presencia de personas y/o animales domésticos. No mezclar con otros productos químicos. Contiene 2metil2Hisotiazol3ona y 1,2 bencil isotiazol3(2H)ona. Puede provocar una reacción alérgica. Debido a la diversidad de las construcciones y a la biología de las termitas, resulta difícil generalizar un único modo de aplicación. En todos los casos, resulta indispensable realizar una barrera completa alrededor del edificio y volver a tratar esta barrera en caso de ruptura: canalizaciones, electricidad...

El producto se aplica bien por inyección al suelo y muros o por aspersión en zanjas. Para lo último debe abrirse una zanja alrededor de todo el edificio y tratar tanto la zanja como la tierra removida que servirá para rellenarla de nuevo. La zanja deberá conformarse con las siguientes medidas: ancho de 50 a 60 cm y profundidad similar a la anchura o superior. La zanja deberá implantarse lo más próximo posible al perímetro de la zona a proteger. El caldo del producto se extenderá por aspersión sobre el fondo de la zanja, cubriéndose con una primera capa de tierra. Así se procederá con la segunda y tercera capa hasta rellenar definitivamente la zanja.

Tan solo un tratamiento puede detener una infestación de termitas en la construcción de un inmueble, pero su éxito está condicionado por las normas de «higiene del edificio». En efecto, las termitas necesitan agua y celulosa para sobrevivir y, en consecuencia, toda intervención deberá ir acompañada obligatoriamente de las medidas siguientes:

- Exclusión de todas las fuentes de humedad del edificio: fugas de agua, infiltraciones, condensaciones,...
- Supresión de toda madera muerta que se encuentre en el interior del edificio o en sus alrededores.
- Eliminación del papel (periódicos, revistas), de cartón y de trapos viejos. Además, el éxito de un tratamiento de barrera depende igualmente de la generalización del mismo a todo el edificio (en ningún caso deberá excluirse parte alguna) y de todas las partes colindantes: galerías, garajes, cobertizos, etc., aún cuando se encuentren alejadas del edificio principal.

Concentración de la solución:

Uso preventivo en suelo: 0,1 % (100 ml de Termidor SC en 100 litros de agua).

Uso curativo en suelo y muros: 0,2 % (200 ml de Termidor SC en 100 litros de agua).

Rendimiento:

Será preciso aplicar un mínimo de 5 litros de solución por metro lineal, bien por inyección al suelo o por aspersión en la zanja.

Plazo de reentrada:

24 horas.

QUÍMICA DE MUNGUÍA, S.A
 C/ Derio Bidea 51, 48100 Munguía Vizcaya, SPAIN Tel. 902 190 100 Fax 946 744 829
www.quimunsa.com info@quimunsa.com



CONTACTE CON QUIMUNSA PARA CONSEJOS SOBRE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SERVICIOS

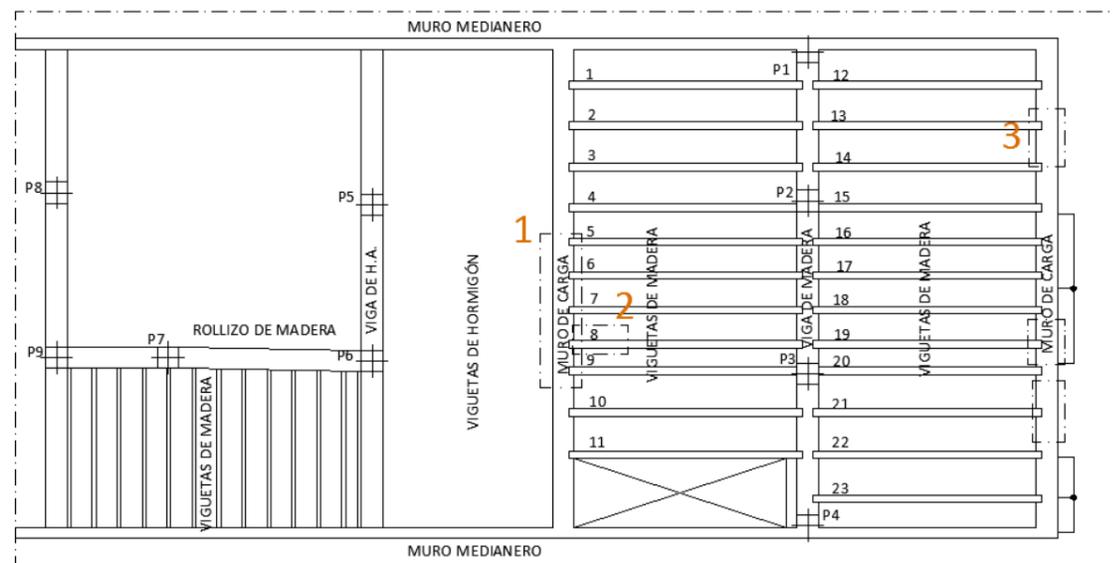
3

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Hylotrupes bajulus* (carcoma grande).

LOCALIZACIÓN: Elementos leñosos en Planta Baja.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



ESTRUCTURA PLANTA BAJA

El esquema muestra los puntos de la vivienda donde existe ataque de carcoma grande. Encontramos estos insectos en los ventanales de la fachada, en los dinteles de las puertas y en la puerta que divide el Salón-comedor de la Cocina y el Baño.



SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN

Dstrucción de la madera mediante galerías de gran sección, entre 7 y 10 mm de diámetro, en sentido paralelo a la dirección de las fibras y con restos de serrín, dejando una fina capa superficial.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

El grado de humedad relativa en la vivienda es superior al 20 %, esto favorece la proliferación de este insecto que deposita sus larvas en las fendas que presenta la madera. En todos los puntos donde encontramos signos de presencia de carcoma grande, la madera tiene fendas de considerable tamaño, con lo que las condiciones de los puntos infestados son idóneas para su desarrollo.

INTERVENCIÓN PROPUESTA:

El procedimiento para la erradicación de este insecto es el siguiente:

- Saneamiento mediante formones de todos los elementos que presentan el ataque de la carcoma grande, con la apertura de las galerías y eliminación de restos de serrín y madera en mal estado.
- Tratamiento mediante Corpol Aqua 3 en disolución, pero en esta ocasión la aplicación es mediante el pulverizado o pincelado de la superficie, cuidando de que quede bien empapada del producto.
- Sellado de las galerías así como de las fendas que presente la madera de la vivienda mediante masilla especial para madera (cuando el insecto sale a la superficie para procrear, deposita las larvas en las fendas o grietas, de este modo prevenimos este efecto).

Asimismo, el tratamiento antes mencionado del mismo producto químico aplicado mediante inyección en elementos leñosos del forjado está indicado para *Hylotrupes bajulus*, con lo que aparte de actuar a favor de la erradicación de este insecto actúa también de modo preventivo.

3

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Hylotrupes bajulus* (carcoma grande).

FICHA TÉCNICA: Corpól Aqua 3.



Ficha: CORPOL® AQUA 3
<http://www.quimunsa.com/fichaproducto2.asp?id=228>

FICHA DEL PRODUCTO



CORPOL® AQUA 3

Aplicaciones: Plagas: Material de protección:



DESCRIPCIÓN

Protector de madera insecticida y fungicida en base acuosa. Máxima potencia insecticida a muy baja dosis, especialmente eficaz contra las termitas gracias a su formulación en Cipermetrina. Fungicida de amplio espectro gracias a su fórmula innovadora con 3 fungicidas que combinados entre sí refuerzan su poder de acción (Propiconazol + Tebuconazol + IPBC). Por su formulación acuosa tiene excelentes ventajas: no es inflamable, mayor seguridad de uso y menor plazo de reentrada (12 horas), menos tóxico, no requiere condiciones especiales de almacenamiento para productos inflamables.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

- Solubilidad al agua: miscible en agua.
- Estado físico: líquido.
- Aspecto: acuoso.
- Color: opalescente.
- Densidad: 1017 g/cm³.
- PH: 6.5 a 20 °C.
- Punto de congelación: <5 °C.
- Punto de ebullición: >100 °C.

PRESENTACIÓN

- GARRAFA PLÁSTICO 25 L.

COMPOSICIÓN

- CIPERMETRINA 0.22 %.
- EXCIPIENTES C.S.P 100 %.
- IPBC 0.35 %.
- PROPICONAZOL 0.45 %.
- TEBUCONAZOL 0.45 %.

REGISTROS

- D.G.S.P.: 078004880

MODO DE EMPLEO

Antes de usar el producto léase detenidamente la etiqueta. A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente siga las instrucciones de uso. No aplicar sobre alimentos ni utensilios de cocina. No utilizar en presencia de personas y/o animales domésticos. Ventílese adecuadamente antes de entrar en el recinto donde se realiza la aplicación del producto. No mezclar con otros productos químicos. Producto destinado al tratamiento de la madera clase 4. Contiene IPBC y Propiconazol. Puede provocar una reacción alérgica. La aplicación frente a hongos basidiomicetos, carcomas, termitas y microorganismos de pudrición blanda y otros microorganismos del suelo será mediante autoclave e inmersión prolongada. La aplicación frente a carcoma y hongos de azulado será mediante aplicación superficial del producto por pincelado.

Cumple UNEEN 22: determinación de la acción curativa contra larvas de *Hylotrupes bajulus*.

Confirma UNEEN 47: fijación del umbral de eficacia frente a larvas *Hylotrupes bajulus* junto con ensayos de envejecimiento por evaporación según EN73 y deslavado EN84.

Formaliza UNEEN 117: delimitación del umbral de eficacia contra termitas del género *Reticulitermes* junto con los ensayos de envejecimiento por evaporación según EN 73 y por deslavado según EN84.

Efectúa UNEEN 113: concreción del umbral de eficacia contra hongos basidiomicetos xilófagos con *Coriolus versicolor*, junto con los ensayos de envejecimiento por evaporación según EN73 y por deslavado según EN84.

Satisface UNEEN 807: establecimiento de la eficacia frente a microorganismos de pudrición blanda y otros microorganismos del suelo.

Verifica UNEEN 1521: determinación de la eficacia preventiva de un tratamiento de protección de la madera elaborada contra el azulado.

Tratamiento por pincelado. Envejecimiento natural (6 meses).

DEBIDO AL INNUMERABLE TIPO DE ACABADOS EXISTENTE EN LA ACTUALIDAD, ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO, REALIZAR UNA PRUEBA DE COMPATIBILIDAD CON LA SUPERFICIE A TRATAR.

QUÍMICA DE MUNGUÍA, S.A
 C/ Derio Bidea 51, 48100 Munguía
 Vizcaya, SPAIN
 Tel. 902 190 100
 Fax 946 744 829
www.quimunsa.com info@quimunsa.com



CONTACTE CON QUIMUNSA PARA CONSEJOS SOBRE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SERVICIOS

4

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Infección de insectos xilófagos: *Anobium punctatum* (carcoma común).

LOCALIZACIÓN: Elementos leñosos en Planta Baja.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:

El ataque de carcoma común de los muebles lo encontramos en toda la superficie de los elementos leñosos de la vivienda, ya sean elementos estructurales, carpinterías o mobiliario.



SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN

Perforación de la madera mediante galerías de reducida sección, entre 1,5 y 3 mm de diámetro. Las perforaciones las realiza en cualquier dirección, prefiriendo atacar la albura de la madera.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

El grado de humedad relativa en la vivienda es superior al 20 %, esto favorece la proliferación de este insecto. La madera se infesta de forma directa por el insecto adulto que deposita los huevos en la superficie de esta. Su propagación se ve favorecida por la continua entrada y salida en la madera del insecto en su ciclo de vida.

INTERVENCIÓN PROPUESTA:

El procedimiento para la erradicación de este insecto es el siguiente:

- Tratamiento mediante Corpol Aqua 3 en disolución, pero en esta ocasión la aplicación es mediante el pulverizado o pincelado de la superficie, cuidando de que esta quede bien empapada del producto.
- Sellado de los orificios de entrada y salida mediante masilla especial para madera.

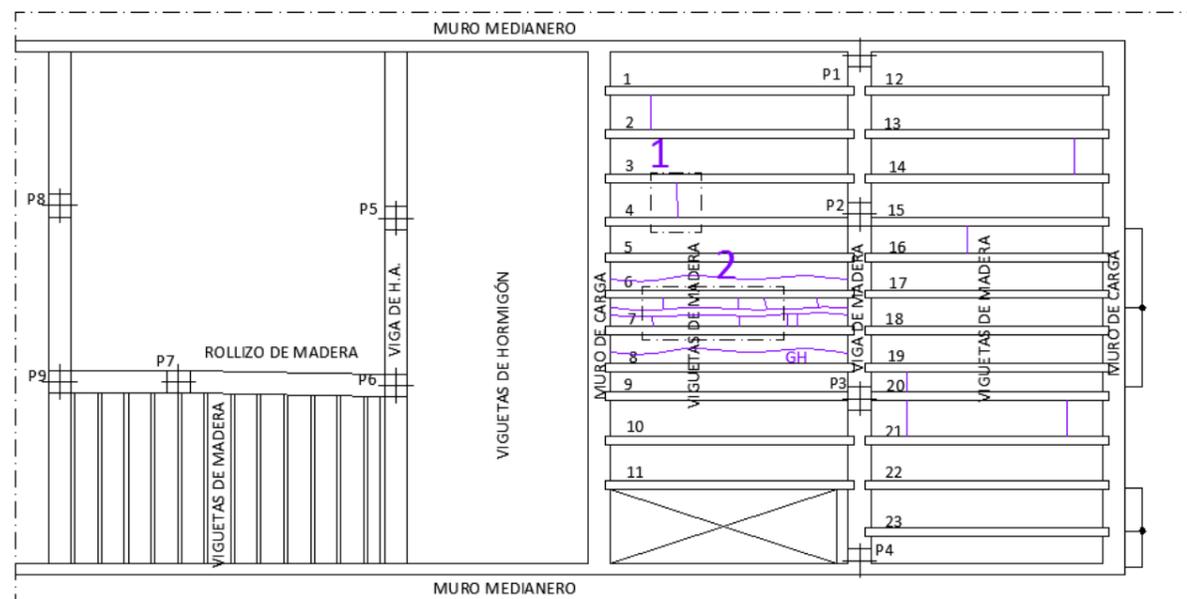
5

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Grietas en las bóvedas cerámicas.

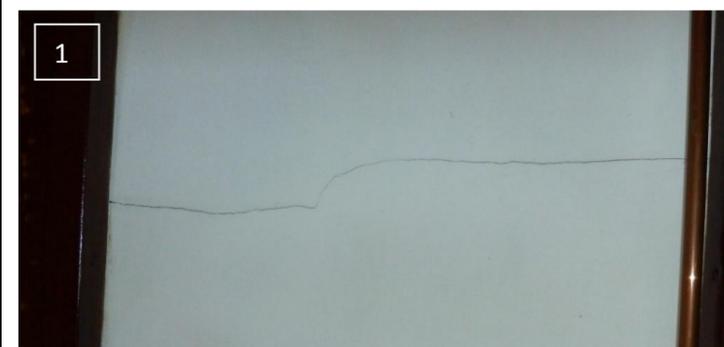
LOCALIZACIÓN: Forjado Planta Baja.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



ESTRUCTURA PLANTA BAJA

En el esquema se reflejan las grietas existentes en el forjado de Planta Baja, en concreto en las bóvedas cerámicas de ladrillo macizo. Los elementos numerados responden a las fotografías.

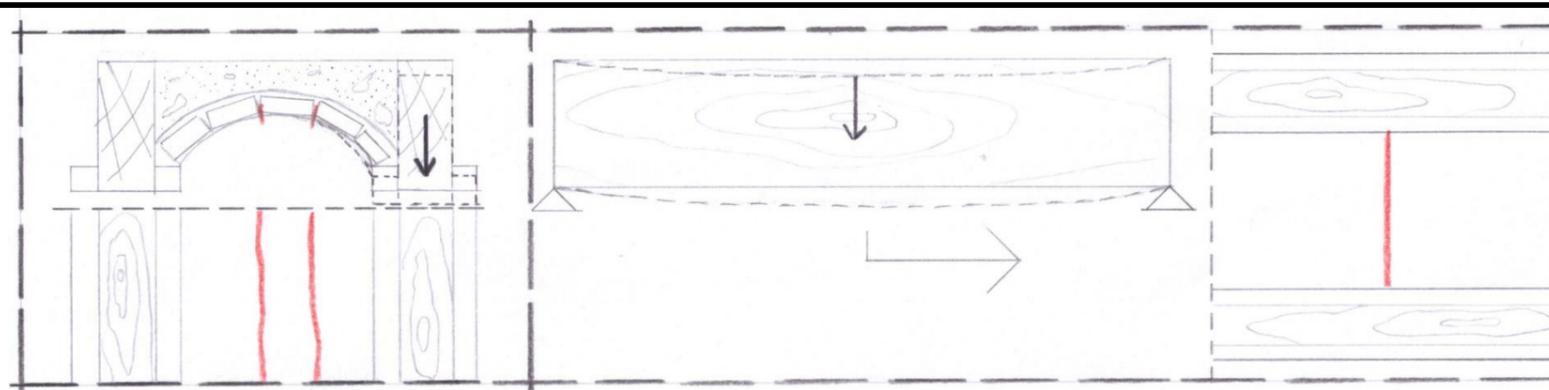


SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN:

Grietas de espesores variables (entre 3 y 7 mm) que se evidencian en sentido longitudinal y transversal en las bóvedas cerámicas.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

Las grietas producidas en elementos horizontales se deben a la deformación de las viguetas de madera. Las que se encuentran en sentido transversal, se debe a que con el tiempo la madera pandea, ya sea por un exceso de carga en un momento puntual o por el debilitamiento de la madera por causa externa a ella; la bóveda cerámica absorbe la deformación producida hasta que colapsa y es entonces cuando aparece la grieta. Las que se encuentran en sentido longitudinal se debe al asiento de una o ambas viguetas que forman la bóveda; al desplazarse en el eje vertical, la bóveda sufre un asiento diferencial en toda su longitud, manifestándose en las grietas longitudinales.



5

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Grietas en las bóvedas cerámicas.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Consolidación del forjado mediante losa de hormigón armado.

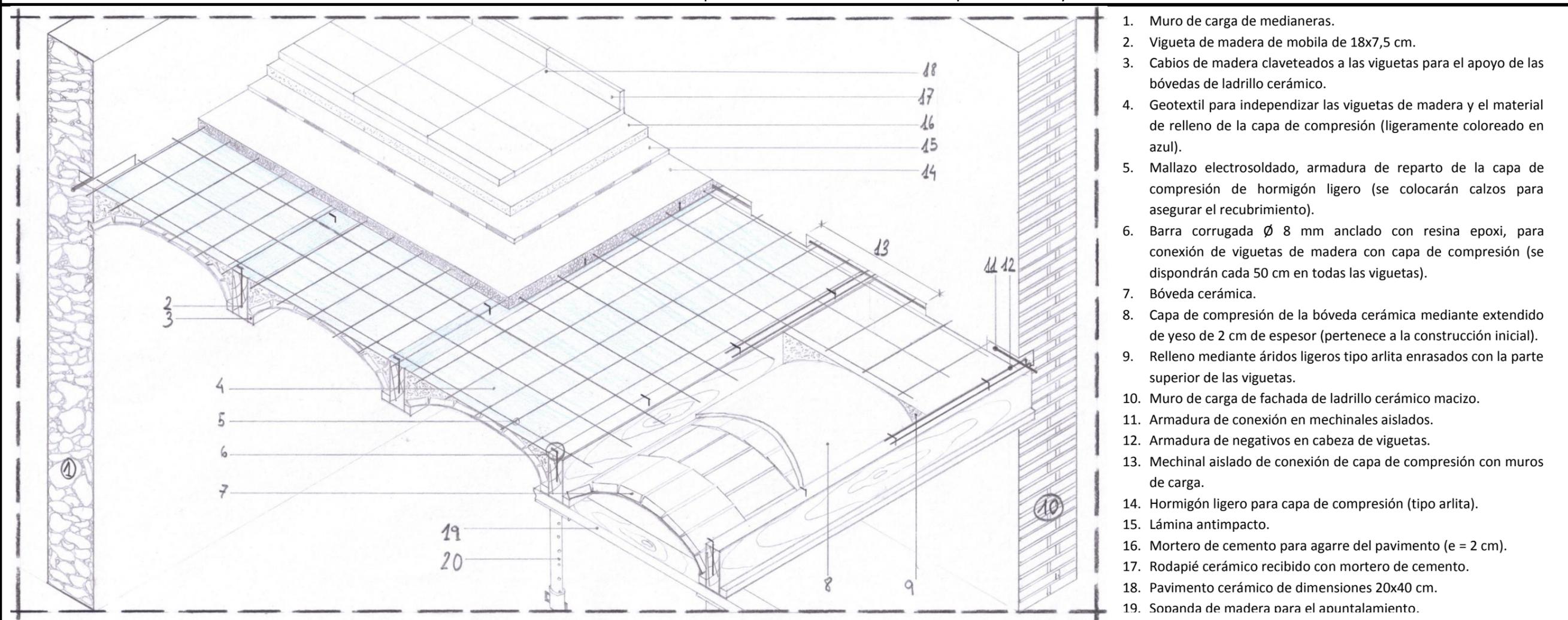
La intervención que se propone trata de realizar un refuerzo del forjado mediante una losa de hormigón armado. Este sistema hace trabajar de forma solidaria el forjado existente con la nueva losa. Trabajos previos:

- Apuntalado del forjado mediante sopandas, puntales y durmientes.
- Eliminación del pavimento existente así como las particiones interiores. También se evaluará la necesidad de extraer el relleno de áridos aligerantes del entrevigado, dependiendo de su estado.
- Por último y antes de iniciar la ejecución de la losa, se debe dar tratamiento preventivo a la madera, para evitar el proceso de degradación.

Realización de losa armada:

- Se rellena el entrevigado hasta enrasar con la cara superior de las viguetas mediante árido ligero, en el caso que sea necesario.
- Se coloca un geotextil en toda la superficie del forjado para evitar la filtración del hormigón en los áridos e asimismo independizar la madera para que no sufra daños ni absorba humedad.
- Se introducen barras corrugadas \varnothing 8 mm, ancladas con resina epoxi en las viguetas de madera a una profundidad de 2/3 de la pieza y cada 50 cm.
- Apertura de mechinales en los muros de carga para favorecer que trabajen conjuntamente con el forjado.
- Colocación de armadura de negativos y mallazo electrosoldado.
- Vertido de hormigón ligero (arrita), vibrado y curado.

Una vez fraguado el hormigón, se procederá a la colocación del pavimento sobre una lámina antipacto y, posteriormente, se reconstruirán las particiones de la vivienda con tabiquería seca de yeso laminado.



1. Muro de carga de medianeras.
2. Vigueta de madera de mobila de 18x7,5 cm.
3. Cabios de madera claveteados a las viguetas para el apoyo de las bóvedas de ladrillo cerámico.
4. Geotextil para independizar las viguetas de madera y el material de relleno de la capa de compresión (ligeramente coloreado en azul).
5. Mallazo electrosoldado, armadura de reparto de la capa de compresión de hormigón ligero (se colocarán calzos para asegurar el recubrimiento).
6. Barra corrugada \varnothing 8 mm anclado con resina epoxi, para conexión de viguetas de madera con capa de compresión (se dispondrán cada 50 cm en todas las viguetas).
7. Bóveda cerámica.
8. Capa de compresión de la bóveda cerámica mediante extendido de yeso de 2 cm de espesor (pertenece a la construcción inicial).
9. Relleno mediante áridos ligeros tipo arlita enrasados con la parte superior de las viguetas.
10. Muro de carga de fachada de ladrillo cerámico macizo.
11. Armadura de conexión en mechinales aislados.
12. Armadura de negativos en cabeza de viguetas.
13. Mechinal aislado de conexión de capa de compresión con muros de carga.
14. Hormigón ligero para capa de compresión (tipo arlita).
15. Lámina antipacto.
16. Mortero de cemento para agarre del pavimento ($e = 2$ cm).
17. Rodapié cerámico recibido con mortero de cemento.
18. Pavimento cerámico de dimensiones 20x40 cm.
19. Sopanda de madera para el apuntalamiento.

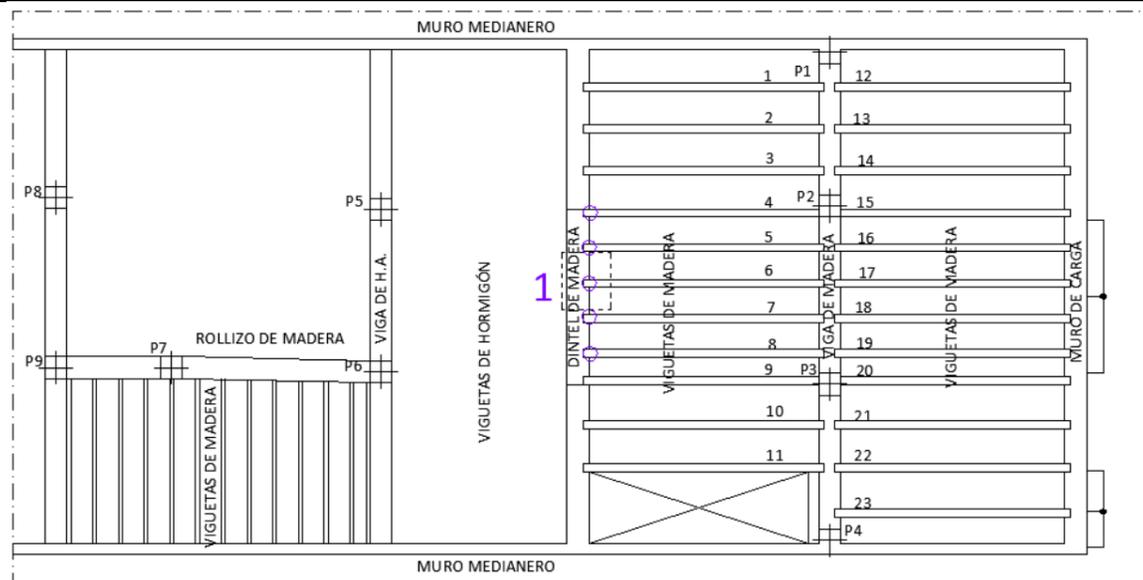
6

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Fisuras en apoyo de las viguetas en muros de carga.

LOCALIZACIÓN: Encuentro de viguetas con muros de carga en Planta Baja.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



ESTRUCTURA PLANTA BAJA



En el esquema se representa mediante circunferencias las cabezas de viguetas que presentan esta patología, el recuadro que está numerado corresponde a la imagen que se muestra. La localización se concentra en el encuentro de las viguetas con el muro de carga de la parte norte de la vivienda.

SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN:

Fisuras de aproximadamente 2 mm de espesor que se evidencian en el apoyo de las cabezas de las viguetas a ambos lados formando diagonales a casi 45° en sentido de arco de descarga.

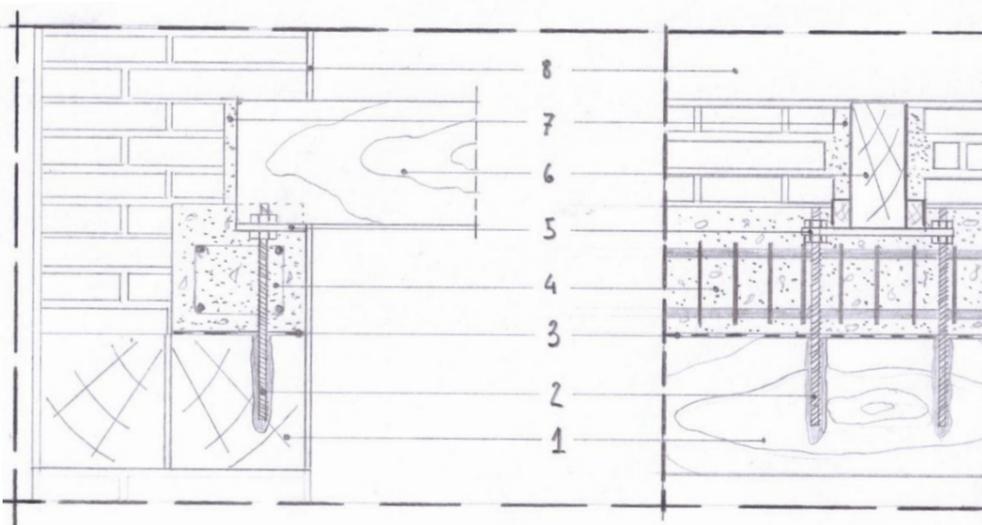
CAUSAS DE LA LESIÓN:

Al estar realizado el apoyo de las viguetas encima del dintel de madera, el axil que transmiten han hecho flexionar el mismo, dando lugar a asientos que se evidencian mediante estas fisuras. Además, el retacado realizado para la nivelación de los apoyos de las viguetas, depende de la ejecución, la calidad del material y del respeto de los tiempos para la entrada en carga del material del apoyo, siendo un punto frágil por estar sobre el dintel.

INTERVENCIÓN PROPUESTA:

En primer lugar, se realiza el apuntalamiento de las viguetas mediante sopandas y durmientes. A continuación, ejecutaremos un zuncho de hormigón armado para el apoyo de las viguetas y refuerzo del dintel de madera:

- Se colocarán conectores mediante barras corrugadas introducidas en el dintel, ancladas con resina epoxi, sobre las que se colocará una platabanda enrasada con la parte inferior de cada vigueta (para evitar los tiempos de espera de entrada en carga del hormigón).
- Los demás componentes, como figuran en el siguiente detalle.



LEYENDA DEL DETALLE

- 1- Dintel de madera de mobila (20x20 cm).
- 2- Tornillo sin fin anclado al dintel mediante resina epoxídica.
- 3- Polietileno para independizar el dintel de madera del zuncho de hormigón.
- 4- Zuncho de hormigón armado.
- 5- Platabanda de asiento de viguetas, anclada al tornillo sin fin mediante las tuercas que además permiten la nivelación.
- 6- Vigueta de madera de 7,5x18 cm.
- 7- Relleno de mortero de cemento.
- 8- Revestimiento de yeso de 1,5 cm de espesor.

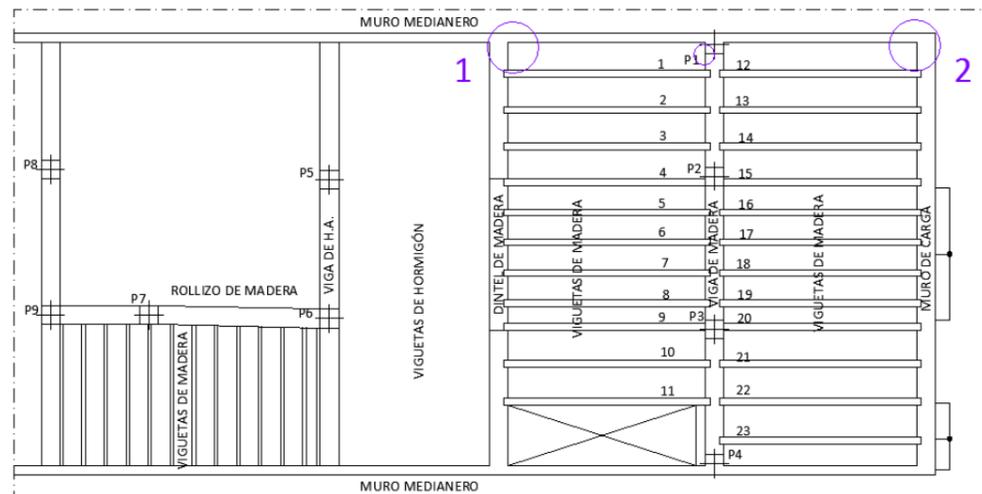
7

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Grietas en encuentros de paramentos.

LOCALIZACIÓN: Encuentro entre muros de carga en Planta Baja.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



ESTRUCTURA PLANTA BAJA

En el esquema, se representan mediante círculos las grietas y fisuras producidas en los muros. La localización se concentra en el encuentro entre los muros de carga de la Fachada Principal y posterior con los muros medianeros.

El encuentro del Pilar 1 con la partición de ladrillo cerámico macizo se indica como patología, pero no se trata, puesto que la intervención propuesta para subsanar la patología de humedades propone la demolición de las particiones y la reconstrucción sobre el forjado sanitario mediante tabiquería seca de yeso laminado.



SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN:

Grietas y fisuras de espesores variables (entre 2 y 7 mm) que se evidencian en sentido vertical recorriendo la altura del paramento.

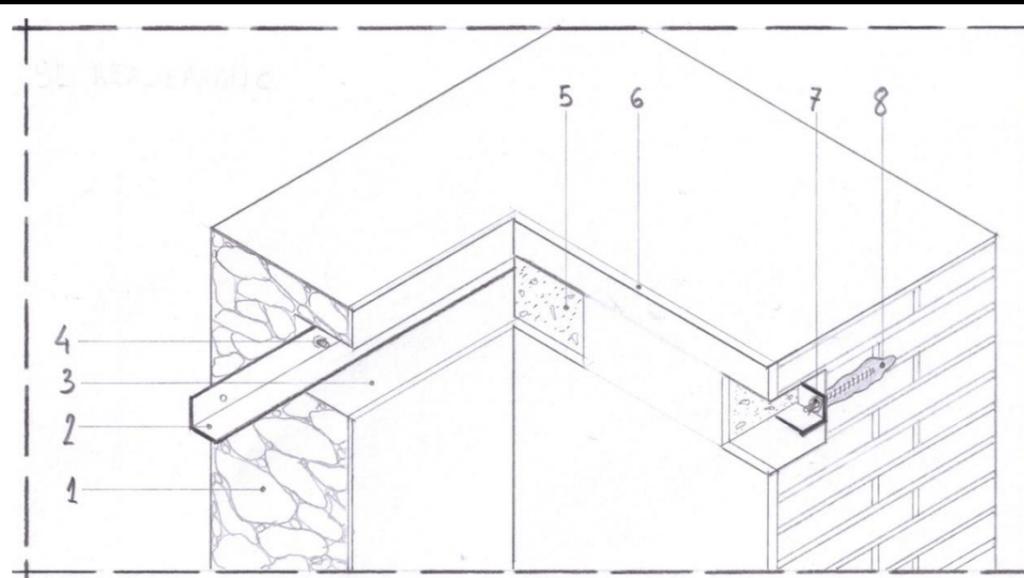
CAUSAS DE LA LESIÓN:

Las grietas son debidas a la falta de enjarjes en los encuentros. Esto puede deberse a la construcción de los elementos en períodos distintos o al desconocimiento de la forma de trabajo de los distintos elementos, ya que los enjarjes se realizan para crear uniones solidarias que permitan trabajar los elementos de forma conjunta. De lo contrario cada elemento actúa por separado y absorbe los movimientos de forma distinta y se evidencia a través de las grietas en el encuentro.

INTERVENCIÓN PROPUESTA:

Se propone la unión de los muros mediante angulares en esquina embebidos en el muro:

- Apertura de rozas para la colocación de los angulares.
- Realización de perforaciones para fijación de angulares.
- Relleno de resina de poliéster de los orificios previa extracción de los restos de finos.
- Colocación de varillas roscadas para unión de angulares.
- Una vez fraguada la resina de poliéster, colocación de angulares y fijación mecánica de los mismos.
- Sellado de las rozas, enlucido y mano de pintura.



1. Muro de carga medianero mediante tapial de mortero de cal con cantos de diferentes tamaños.
2. Angular metálico para conexión entre muros de carga.
3. Roza de 10x10 cm.
4. Fijación mecánica del angular metálico.
5. Hormigón para el relleno de la roza.
6. Enlucido de yeso para acabado liso.
7. Muro de carga de fachada de fábrica de ladrillo cerámico macizo recibido con mortero de cal.
8. Resina de poliéster para la fijación de varillas roscadas que aseguran la fijación mecánica del angular.

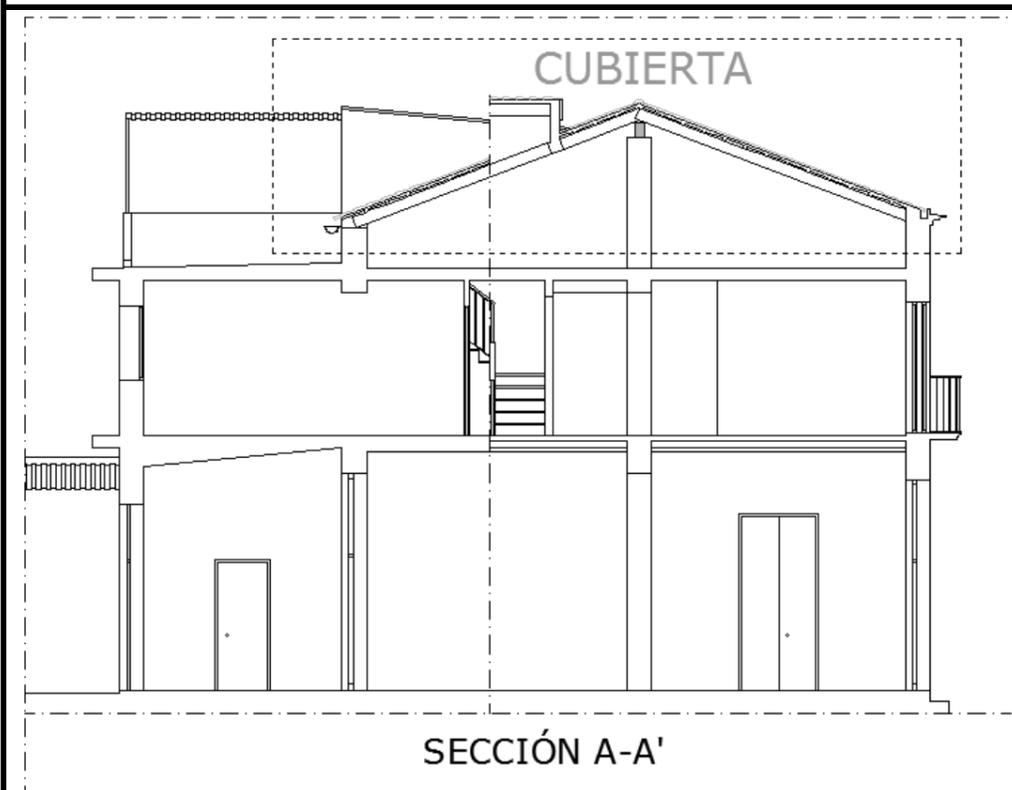
8

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Deficiencia de aislamiento térmico-acústico en la cubierta.

LOCALIZACIÓN: Cubierta inclinada del edificio.

IMÁGENES DE LA LESIÓN:



La patología afecta a la Planta *Cambra*, pero se transmite la sintomatología al resto de la Planta Primera.



SÍNTOMAS Y DESCRIPCIÓN:

Principalmente, los síntomas que se presentan son la pérdida de calor en invierno, la pérdida de frío en verano y una importante transmisión de ruido aéreo desde el exterior. Esto provoca una carencia en la salubridad de la estancia ya que hace incómoda la vida en la misma, además el consumo energético necesario para la climatización del local es desproporcionado ya que es necesario contrarrestar las pérdidas de calor y frío mediante el aporte de aire acondicionado, con los costes que ello supone. Asimismo, estos síntomas se reflejan en la Planta Primera por estar comunicados con la Planta *Cambra*.

CAUSAS DE LA LESIÓN:

Las causas de la lesión radican en la falta de aislamiento de la cubierta. La cubierta está formada por una viga central, pares que forman la pendiente y que apoyan en la misma viga y en los muros de carga en sus extremos. Perpendiculares a los pares se clavan rastreles de apoyo para los ladrillos macizos tomados con mortero de cal que forman el faldón. Sobre este, se coloca una cama de arena arcillosa y el material de cobertura es la teja curva árabe tomada con mortero de cemento.

Por la composición vemos que no existe ningún tipo aislamiento. Esto se debe a la utilidad primitiva de la *cambra*, destinada en sus inicios al secado de los productos de temporada procedentes de la labor agrícola de los propietarios.

Por lo tanto, en el momento de la rehabilitación de la *cambra*, no se previno el cambio de uso al que iba a someterse la vivienda en este recinto, dando lugar a problemas de insalubridad y gasto superfluo de energía.

8

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Deficiencia de aislamiento térmico-acústico en la cubierta.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Rehabilitación y consolidación de la cubierta con aporte de aislamiento.

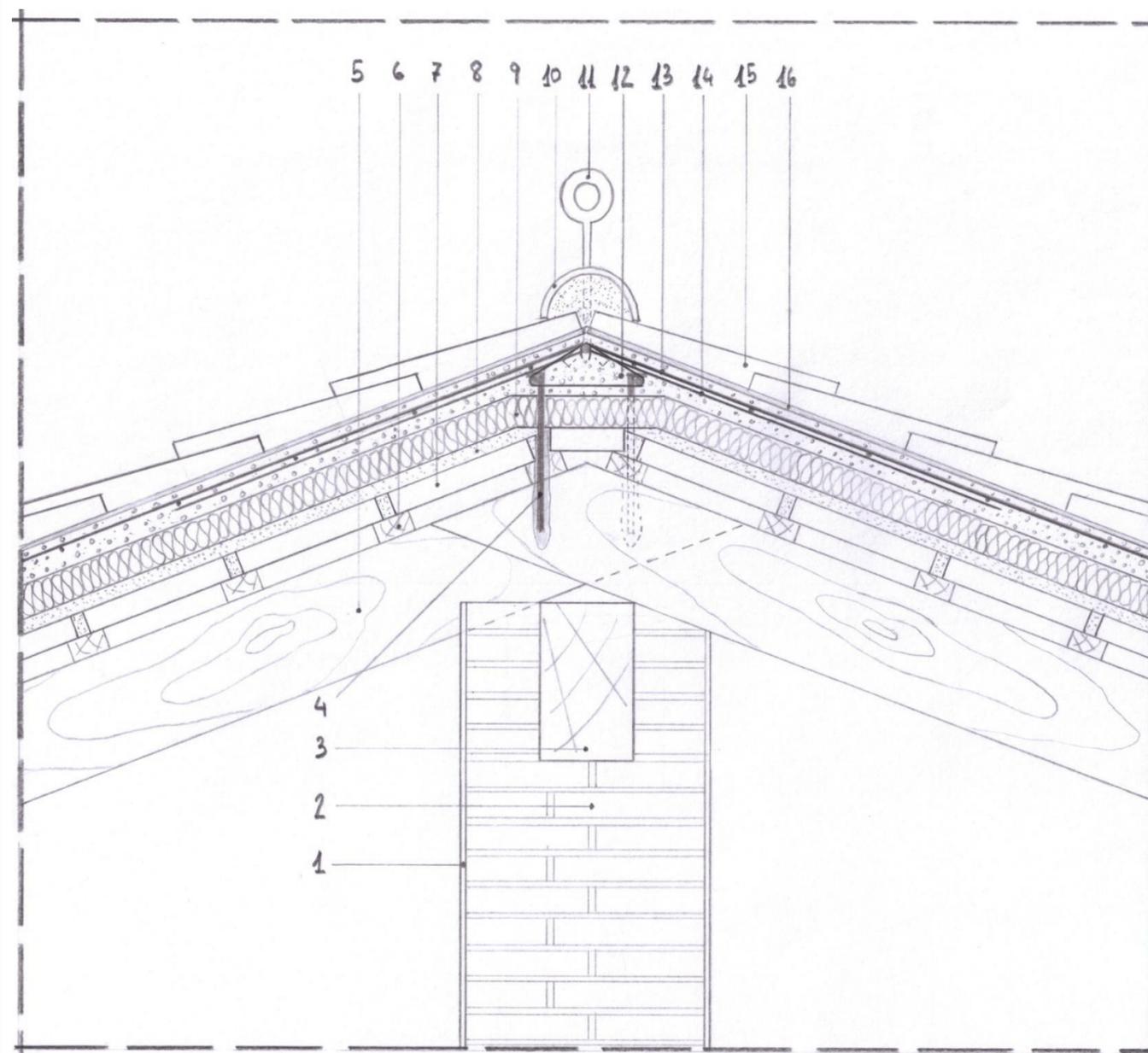
Trabajos previos:

- En primer lugar, se deben retirar las tejas de la cubierta, acopiándolas para su saneamiento y posterior reutilización.
- A continuación, se eliminará la cama de arena que hay bajo la teja, transportándola al vertedero correspondiente.
- Por último, se saneará la base del faldón y se repondrán los ladrillos cerámicos que resulten más dañados.

Reconstrucción del tejado:

- Vertido de capa de regularización-compresión de mortero de cemento maestreado para la consolidación del faldón cerámico (e = 2 cm).
- Ejecución de zuncho de borde en los muros de carga en los que vierte la pendiente según muestra el Detalle 2.
- Ejecución del zuncho de cumbrera según muestra el Detalle 1.
- Colocación de aislamiento térmico mediante polietileno extruido de alta densidad y de un espesor de 5 cm.
- Colocación de mallazo electrosoldado sobre el aislamiento asegurando el recubrimiento del mismo mediante separadores, conectando las armaduras a los zunchos realizado como muestran los detalles.
- Vertido de hormigón ligero (tipo arlita) formando una capa de compresión para la consolidación de la cubierta.
- Colocación de las tejas curvas, disponiéndolas inversamente a su situación inicial (las que estaban formando canal pasan a colocarse en las cobijas y viceversa), recibiendo todas y cada una de las piezas con mortero de cemento.

Las tejas se colocarán alineadas, para ello se emplearán las galgas y lienzas correspondientes.



DETALLE 1

LEYENDA DETALLE 1

1. Enfoscado de mortero de cemento con acabado fratasado.
2. Pilar maestro de fábrica de ladrillo cerámico macizo de 40x40 cm.
3. Viga de madera de mobila de 15x25 cm.
4. Armadura de conexión del zuncho de cumbrera con estructura leñosa. Se realiza la perforación, se inyecta resina epoxídica y se introducen las varillas de acero corrugado (conexión en cada vigueta).
5. Vigueta de madera de mobila de 7,5x18 cm.
6. Rastreles de madera para el apoyo del faldón cerámico.
7. Faldón cerámico compuesto por ladrillos cerámicos macizos recibidos con mortero de cal.
8. Capa de regularización-compresión del faldón cerámico mediante mortero de cemento (dosificación 1:6).
9. Aislamiento térmico-acústico mediante polietileno de alta densidad (e = 5 cm).
10. Teja cerámica curva de cumbrera recibida con mortero de cemento.
11. Gancho metálico colocado en los extremos del zuncho de cumbrera para la colocación de la línea de vida en los trabajos de mantenimiento.
12. Zuncho en cumbrera de hormigón armado con áridos ligeros para consolidación del forjado de cubierta.
13. Capa de compresión de 5 cm de espesor mediante hormigón ligero tipo arlita y mallazo electrosoldado.
14. Armadura de momento negativo.
15. Teja curva árabe cerámica.
16. Mortero de cemento para recibido de tejas.

8

DIAGNÓSTICO DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN: Deficiencia de aislamiento térmico-acústico en la cubierta.

INTERVENCIÓN PROPUESTA: Rehabilitación y consolidación de la cubierta con aporte de aislamiento.

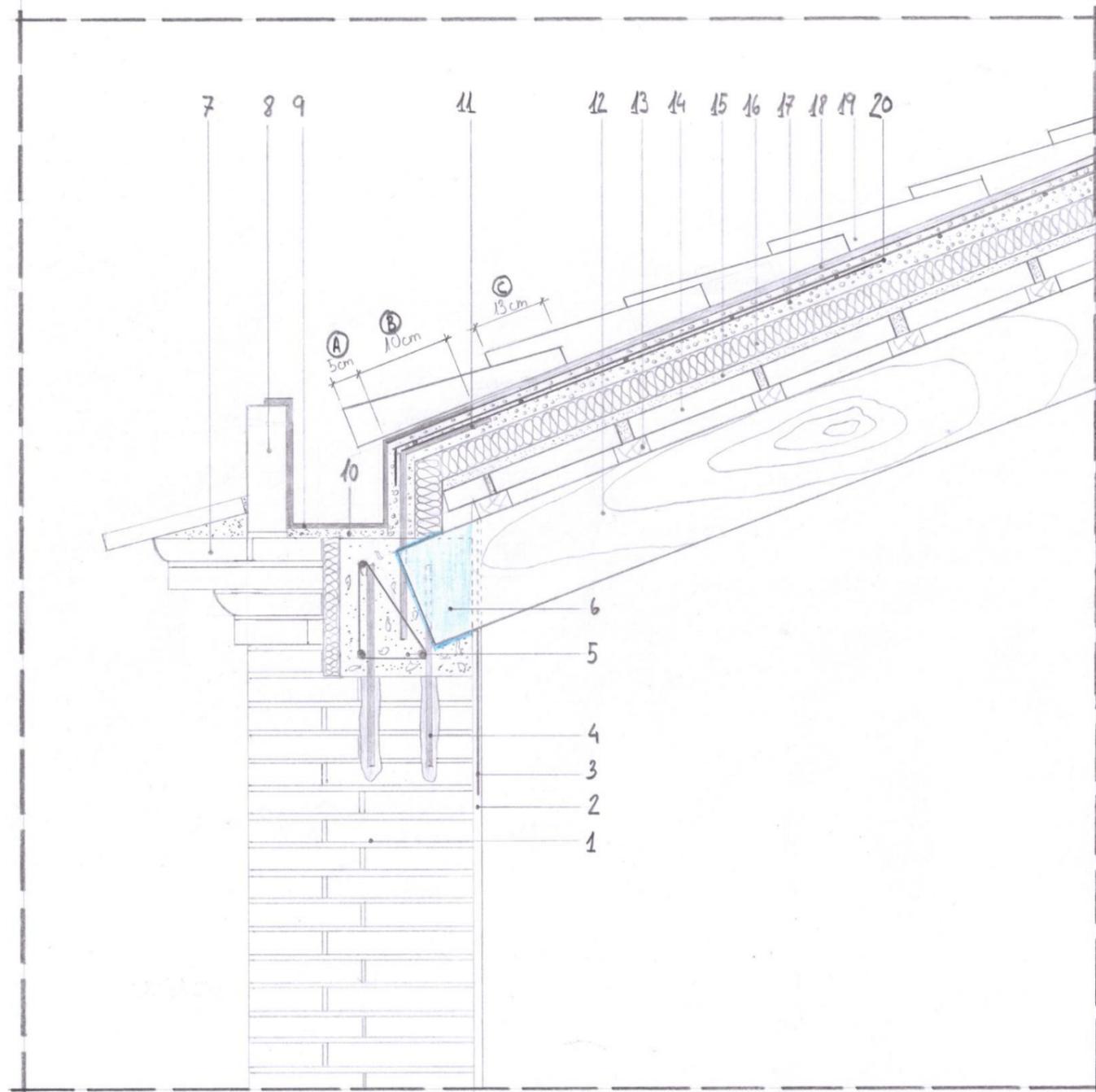
LEYENDA DETALLE 2

1. Muro de carga de fachada compuesto por fábrica de ladrillo cerámico macizo recibido con mortero de cal de 40 cm de espesor.
2. Enfoscado de mortero de cemento con acabado fratasado revestido mediante pintura plástica.
3. Armadura de fibra de vidrio el refuerzo del encuentro del zuncho de hormigón armado con el enfoscado de mortero de cemento.
4. Armadura de conexión del zuncho de borde con muro de carga de fachada. Se realiza la perforación, se inyecta resina epoxídica y se introducen las varillas de acero corrugado.
5. Zuncho de hormigón armado para la conexión del muro de carga con el forjado de la cubierta.
6. Polietileno extruido para permitir diferentes dilataciones de las viguetas con el zuncho de hormigón armado.
7. Reconstrucción del alero mediante ladrillo cerámico recibido con mortero de cal y áridos de la misma tonalidad que los existentes en fachada.
8. Hilada de ladrillo hueco de 24x12,5x7 cm recibidos con mortero de cemento y revestidos con mortero de cal puzolánica.
9. Canalón oculto formado por pieza de encaje de zinc.
10. Cama de mortero de cemento para el asiento del canalón oculto (permite la formación de la pendiente necesaria en el canalón).
11. Armadura de conexión del zuncho de borde con muro capa de compresión del forjado de cubierta.
12. Vigueta de madera de mobila de 7,5x18 cm.
13. Rastreles de madera para el apoyo del faldón cerámico.
14. Faldón cerámico compuesto por ladrillos cerámicos macizos recibidos con mortero de cal.
15. Capa de regularización-compresión del faldón cerámico mediante mortero de cemento (dosificación 1:6).
16. Aislamiento térmico-acústico mediante polietileno de alta densidad (e = 5 cm).
17. Capa de compresión de 5 cm de espesor mediante hormigón ligero tipo arlita y mallazo electrosoldado.
18. Mortero de cemento para recibido de tejas.
19. Teja cerámica curva de cumbre recibida con mortero de cemento.
20. Armadura de momento negativo.

A- Vuelo de teja sobre el canalón mayor a 5 cm (CTE DB-HS1).

B- Solape del canalón metálico con el material de cobertura (CTE DB-HS1).

C- Solape mínimo de las tejas para asegurar la estanqueidad de la cubierta (NTE-QTT).



DETALLE 2

ANEXO I. HUMEDADES CAPILARES¹.

La presencia de agua o humedad en obras de edificación es un problema frecuente. En todos los casos existentes, el problema de solventarlo es tan diferente como lo son unas obras de otras: por situación, factores climáticos, ejecución, materiales, etc.

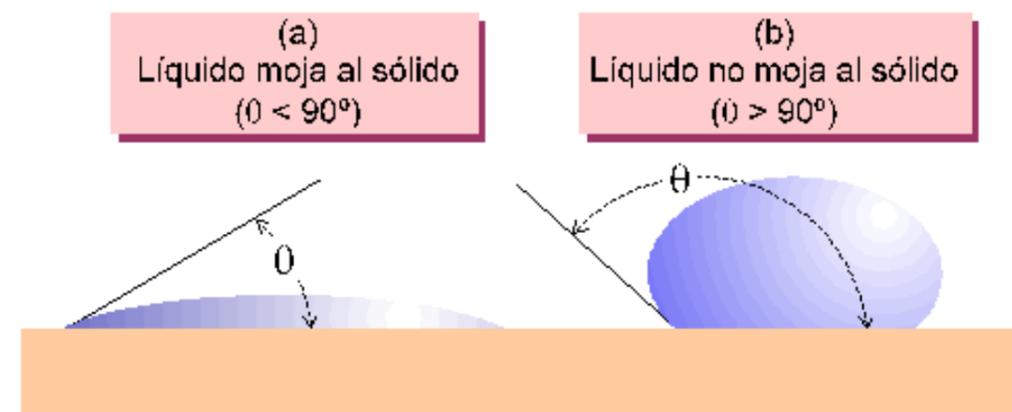
En este proyecto de intervención, atenderemos a que nuestro problema de humedades se debe a una presión hidrostática, por capilaridad.

A I.1 CAPILARIDAD. DIFUSIÓN DE AGUA EN LOS MATERIALES.

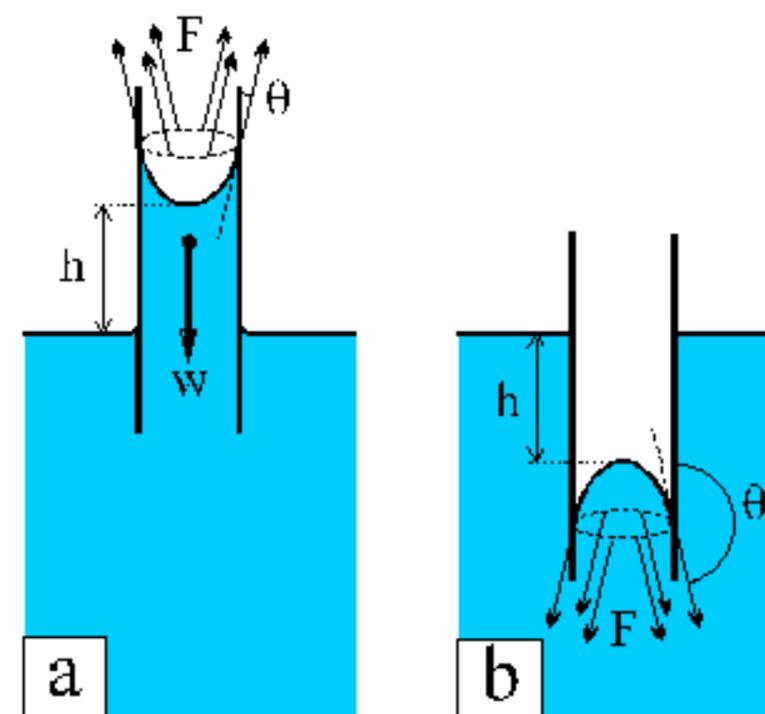
Una gota de gran dimensión, como una lámina de agua, tiene una superficie casi horizontal en su parte central. Por el contrario, cuando el volumen de esa gota disminuye, se va haciendo más convexa la superficie superior. Entre dos superficies verticales que se comportan de la misma manera, si la superficie de la gota no ha alcanzado su estado de equilibrio frente a la acción de la gravedad, el líquido continuará subiendo.

El fenómeno de la capilaridad, cuyo resultado es el ascenso (o descenso) de un líquido en el interior de un capilar de un material sólido cuando este está sumergido en el líquido, es debido a la existencia de fuerzas en la superficie de las sustancias sólidas (piedra o mortero), líquidas (agua) y gaseosas (aire) en contacto. Estas fuerzas se denominan de **tensión superficial**.

La conjunción de estas fuerzas en sistemas sólido-líquido-gas hace que las gotas de un líquido depositadas sobre la superficie de un material sólido, presenten ángulos de contacto sólido-líquido variados, en función de la naturaleza de los sólidos, líquidos y gases en contacto. Así, los líquidos «mojan» a los sólidos cuando el ángulo de contacto está comprendido entre 0 y 90°, en cuyo caso el líquido asciende por el capilar. Si por el contrario la conjunción de fuerzas de tensión superficial condicionan que el ángulo de contacto sólido-líquido esté comprendido entre 90 y 180°, el líquido «no moja» el material y desciende por el capilar. Estas relaciones se ilustran en las siguientes figuras.



Variación en el ángulo de contacto sólido-líquido. En (a) el líquido (agua) moja el sólido (mortero) y $\theta < 90^\circ$, mientras que en (b) el líquido (mercurio) no moja el sólido y $\theta > 90^\circ$.



Fuerzas resultantes (F) de la conjunción de las tensiones superficiales en un sistema sólido-líquido-gas en un tubo capilar (w es el peso de la columna de agua para el caso a). El líquido se eleva una altura h si (a) $\theta < 90^\circ$, y desciende si (b) $\theta > 90^\circ$.

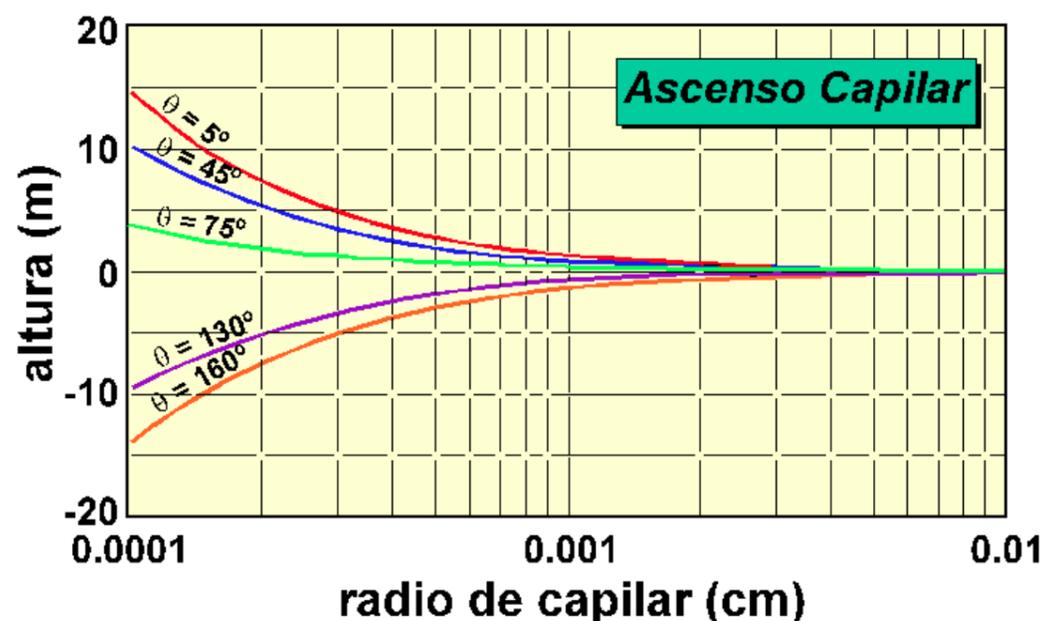
¹ La información contenida en este Anexo ha sido realizada en colaboración con el compañero y también alumno Agustín Díaz Poveda, de la asignatura Procedimientos tecnológicos para la caracterización de materiales en la restauración de edificios cursada en el año 2011.

La altura a la que asciende (o desciende) un líquido en un capilar no es solo función del ángulo de contacto, sino que depende también del radio del capilar. La ecuación que describe la altura alcanzada por un líquido en un capilar es:

$$h = \frac{2 \cdot S_{LV} \cdot \cos(\theta)}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Donde h es la altura (cm), positiva si asciende o negativa si desciende, S_{LV} es la tensión superficial líquido-vapor (72.8 dinas/cm para el caso de agua-aire, a 20 °C), θ es el ángulo de contacto (en radianes, = grados ($p/180$)), ρ es la densidad del líquido (1 g/cm³ para el caso del agua pura), g es la aceleración de la gravedad (980 cm/s²) y r es el radio de poro (cm). La figura muestra las curvas altura-radio de capilar calculadas para el sistema agua-aire y distintos valores de θ .

Nótese que la altura ascendida (o descendida) es del orden de varios metros para radios de poro del orden de 1 mm.



Curvas altura-radio de capilar calculadas para el sistema agua-aire. La curva de $\theta = 75^\circ$ corresponde al ascenso capilar del agua en contacto con una caliza. Nótese que los valores de altura negativos se obtienen para $\theta > 90^\circ$, lo que implica que el agua descenderá en el capilar.

El ángulo de contacto entre el agua y las distintas fases minerales presentes en muros de piedra, ladrillo y revestimientos de mortero es variable. No obstante, en todos los casos el agua moja estas sustancias dado su naturaleza polar (enlaces esencialmente iónicos).

La altura alcanzada también varía en función de la tortuosidad del sistema capilar y el ángulo de contacto sólido-líquido se modifica al variar la concentración de las soluciones acuosas. Cabe destacar la importancia del ascenso capilar en muros y revestimientos sometidos a infiltración y el potencial deterioro resultante de la precipitación e hidratación de sales en el sistema poroso de los materiales. De hecho, la observación de muros con revestimientos o desnudos sometidos a infiltración capilar revela que alturas de varios metros son absolutamente normales.

El ascenso del agua depende de la **tasa de aporte** de agua del subsuelo y de la **tasa de evaporación** una vez localizada en el muro. Las variaciones climáticas diarias y estacionales controlan estas dos tasas, de forma que el comportamiento hídrico del sistema muro-solución acuosa es bastante complejo a escala de tiempo mayores del día y del año.

Los casos más problemáticos desde el punto de vista conservativo de edificios y pinturas murales son, lógicamente, aquellos en los que el reservorio puede considerarse infinito. Estos casos se dan cuando el subsuelo se mantiene húmedo, ya sea por las características del clima local (clima lluvioso) como por la localización del edificio (cercano a un río, acequias, conducciones de aguas residuales, etc.).

En estas situaciones, el ascenso del agua está controlado por la tasa de evaporación y el sistema tiende a un **estado estacionario**. Esto es, el agua asciende continuamente hasta una **altura constante** controlada por la tasa de evaporación. Para alcanzar este estado estacionario se necesita que la tasa de evaporación sea constante durante un tiempo suficiente, lo cual no se corresponde con la realidad. En consecuencia, la altura del agua en un muro que sufra infiltración capilar variará a escala diaria y estacional, así como entre distintas zonas de un mismo edificio dependiendo de las características microclimáticas de las mismas (interiores/exteriores, zonas orientadas al norte/sur, etc.).

Cuando el subsuelo es deficiente en agua, como en climas secos y calurosos, el ascenso está controlado por la tasa de aporte. La deficiencia de agua hace que los daños ocurridos sobre muros y revestimientos sean menores en esta situación. Si la tasa de evaporación es, además, relativamente fuerte, como corresponde a climas secos y calurosos, la altura del ascenso de las soluciones acuosas es escasa, limitándose los deterioros a las zonas próximas al zócalo.

A I.II PRECIPITACIÓN DE SALES (EFLORESCENCIAS Y SUBEFLORESCENCIAS)

La circulación de agua por capilaridad o gravedad en los edificios transporta igualmente los iones en solución. Este sistema salino es inicialmente homogéneo, esto es, consta de una única fase, la solución acuosa.

No obstante, las especies químicas (aniones y cationes) en solución son muy variadas por lo que pueden precipitar una gran variedad de sales. La precipitación de una sal en un sistema multicomponente se produce cuando se alcanza una determinada concentración, denominada de **saturación** , para las especies químicas que forman la sal.

La precipitación de una sal determinada a partir de una solución acuosa, bajo condiciones ambientales dadas, se producirá cuando la concentración de las especies en solución constitutivas de la sal sea tal que el producto de solubilidad sea igual o superior a la constante de **equilibrio** . Cuando ambas funciones son iguales, la condición es de **equilibrio** y la solución se denomina **saturada** , mientras que cuando el producto de solubilidad es mayor que la constante de equilibrio, la condición es de **desequilibrio** y la solución se denomina **sobresaturada** .

Por constricciones de la cinética de reacción, las sales precipitan cuando se dan desviaciones del equilibrio, esto es, cuando la solución está sobresaturada. Estas últimas soluciones presentan cantidades mayores de sal en solución de las que puede disolver, por lo que son inestables y tienden a precipitar una cantidad de sal que hace que la concentración descienda de forma que el producto de solubilidad sea igual a la constante de equilibrio (hace retornar a la solución a la condición de equilibrio).

El grado de sobresaturación a partir del que precipitan las sales depende del tipo de sal y de las condiciones ambientales, aunque suele ser relativamente pequeño de forma que el producto de solubilidad y la constante de equilibrio sean muy similares. Obviamente, cuanto mayor sea la sobresaturación, mayor será la cantidad de sal precipitada.

En las soluciones que circulan por los edificios, las condiciones de sobresaturación se dan cuando se produce evaporación del agua o cuando hay cambios de temperatura, generalmente descensos, ya que la solubilidad de las sales aumenta generalmente con la temperatura. Estas relaciones pueden apreciarse en la imagen de la derecha, que representa las relaciones cualitativas entre la temperatura y la concentración de una solución saturada.

La cristalización solo puede ocurrir entre el estado de saturación y el de sobresaturación, siendo *a priori* imposible en el campo de la subsaturación. Partiendo de una solución subsaturada, el estado de saturación o sobresaturación se puede alcanzar de tres formas:

— Descenso de la temperatura.

Si el cambio de temperatura es instantáneo, la concentración de la solución se mantiene constante y se sitúa por encima de la curva de equilibrio, precipitando bruscamente la sal cuando se alcance un determinado grado de sobresaturación (punto B). La cantidad de sal precipitada dependerá de la magnitud de la sobresaturación (recta B-B'). Si el cambio de temperatura es muy lento, la solución alcanza su punto de saturación (punto A'). En este punto se producirá una ínfima precipitación de sal que hará descender infinitesimalmente la concentración de la solución que coincidirá con la concentración de equilibrio descrita por la curva de saturación. El descenso continuado de temperatura hará que este proceso se repita de forma que la sal va precipitando en equilibrio y la concentración de la solución evoluciona a lo largo de la curva A'-B'.

La cantidad de sal precipitada será idéntica a la correspondiente al caso de sobresaturación descrito antes. Cambios instantáneos de temperatura no son posibles (la transmisión del calor por conducción, convección y advección es relativamente lenta). No obstante, cambios bruscos de la temperatura pueden alcanzarse fácilmente en ambientes superficiales, tales como en ciclos de temperatura diarios sobre todo en zonas semiáridas y áridas, lo cual permite la sobresaturación.

En general, el cambio de temperaturas no será lo suficientemente rápido como para producir una trayectoria de sobresaturación como la de la línea A-B-B', sino que será intermedia entre esta y la de cristalización en equilibrio A-A'-B'.

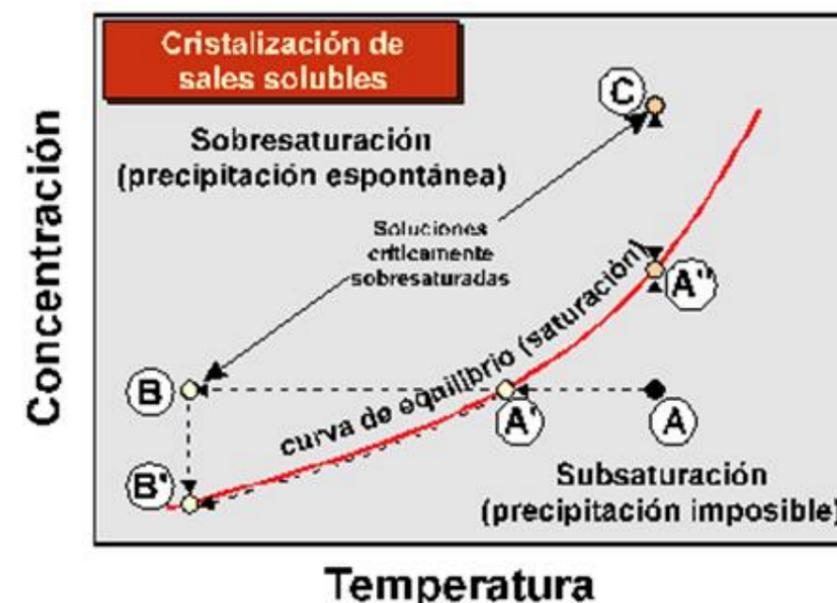


Diagrama esquemático temperatura-concentración de soluto, con indicación de la curva de equilibrio (saturación), campos de sobresaturación y subsaturación, y puntos de sobresaturación crítica y saturación a partir de los que se produce precipitación.

— Incremento de la concentración.

Este proceso puede darse por evaporación del agua. Si el incremento de concentración es infinitamente rápido, la temperatura se mantiene constante y se sitúa por encima de la curva de equilibrio, precipitando bruscamente la sal cuando se alcance un determinado grado de sobresaturación (punto C). La cantidad de sal precipitada dependerá de la magnitud de la sobresaturación (recta C-A'').

Si el incremento de concentración es infinitamente lento, la solución alcanza su punto de saturación (punto A''). En este punto se producirá una ínfima precipitación de sal que hará que la concentración de la solución permanezca en el punto de equilibrio A''. La evaporación continuada hará que este proceso se repita de forma que la sal va precipitando en equilibrio y la concentración de la solución se mantiene en el punto A''. La cantidad de sal precipitada será idéntica a la correspondiente al caso de sobresaturación (recta C-C'). Cambios bruscos en la concentración que produzcan sobresaturación pueden darse por rápida evaporación del agua contenida en poros y capilares superficiales de las rocas porosas y morteros, particularmente cuando el Sol incide directamente sobre los mismos. No obstante, la evaporación no será lo suficientemente rápida como para producir una trayectoria de sobresaturación como la de la línea A-C-C', sino que será intermedia entre esta y la de cristalización en equilibrio A-A''.

— Una combinación de ambos procesos.

Esta situación es poco probable dado que el descenso de temperatura no favorecerá la evaporación del agua para incrementar la concentración de la solución. Otra de las variables que inciden fuertemente en la precipitación de sales es la **humedad relativa del aire**.

En las condiciones de los sistemas porosos donde cristalizan las sales, la humedad relativa del aire que circula junto con las soluciones acuosas puede controlar de forma efectiva la precipitación de determinadas sales ya que cantidades moderadas de sal se encuentran en contacto con elevadas cantidades de aire húmedo, particularmente si este último circula con relativa facilidad.

— Eflorescencias y Criptoeflorescencias.

Como hemos visto, las variaciones de temperatura y humedad relativa del aire en contacto con las sales precipitadas inducen procesos de disolución y precipitación de sales. Sin embargo, estos procesos están frecuentemente acompañados de procesos de **hidratación/deshidratación** en muchas sales comunes de eflorescencias y subeflorescencias, ya que las variaciones de temperatura y humedad relativa inducen **transiciones de fase**.

Por lo general, el aumento de temperatura induce **deshidratación**, de forma que las sales pierden moléculas de agua estructurales. Las transiciones a **estados de hidratación** distintos se marcan

por inflexiones en las curvas de equilibrio concentración-temperatura. Por lo que respecta a la humedad relativa, su aumento induce **hidratación**, como cabría esperar el ajuste de las sales a las nuevas condiciones de temperatura y humedad relativa se produce mediante el paso de una fase mineral a otra con un contenido de agua estructural distinto. Esto conlleva cambios de volumen en la nueva fase mineral y el potencial desarrollo de presiones sobre las paredes de los poros como veremos más adelante.

Con frecuencia el proceso de hidratación implica únicamente la incorporación de agua a la estructura cristalina, manteniéndose la composición iónica original del mineral anhidro. El proceso es bastante complicado, implicando el paso de una fase a otra no a través del estado sólido, sino a través de reacciones de disolución y precipitación. Al cambiar las condiciones ambientales, la solubilidad del mineral inestable aumenta, lo que supone que comienza a disolverse; por otra parte, desciende la solubilidad del mineral estable que rápidamente llega a la saturación y precipita.

— Distribución areal de sales: zonación del deterioro de muros y revestimientos.

Los muros, con revestimientos o no, afectados por infiltración capilar suelen mostrar una **zonación** en cuanto al deterioro observable externamente. Un esquema de esta zonación se presenta en la figura A I. En las zonas más próximas al zócalo (zona A de la figura), el muro suele encontrarse bastante húmedo, pero no se observan fuertes deterioros. Justamente por encima (zona B), se encuentra el deterioro más fuerte, con desintegración granular y arenización de rocas y morteros, escamación de revestimientos, pérdida de película pictórica, etc. En esta zona se encuentran además las mayores concentraciones de eflorescencias salinas, constituidas esencialmente por sulfatos de Calcio, Magnesio y Sodio, aunque también se encuentran carbonatos de Sodio y nitratos de Potasio.

Todas estas sales presentan una solubilidad en agua débil a moderada. Sobre esta zona, se encuentra otra de deterioro menos intenso (zona C), cuya anchura puede ser de varios metros. Las rocas, morteros y pinturas murales no presentan generalmente graves daños, aunque se encuentran bastante húmedos y generalmente oscurecidos.

Las eflorescencias pueden estar totalmente ausentes en esta parte, aunque si existen están formadas esencialmente por cloruros y nitratos, sales que presentan solubilidades en agua moderadas a elevadas. Sobre esta zona el material se encuentra seco y sin deterioro asignable a la infiltración de agua (zona D).

Aunque puede considerarse bastante general, este esquema de zonación no pretende cubrir lógicamente toda la casuística. Es posible que en muros y revestimientos muy deteriorados la zona A presente un estado ruinoso con la zona B, y la zona C puede mostrar grados muy variables de deterioro.

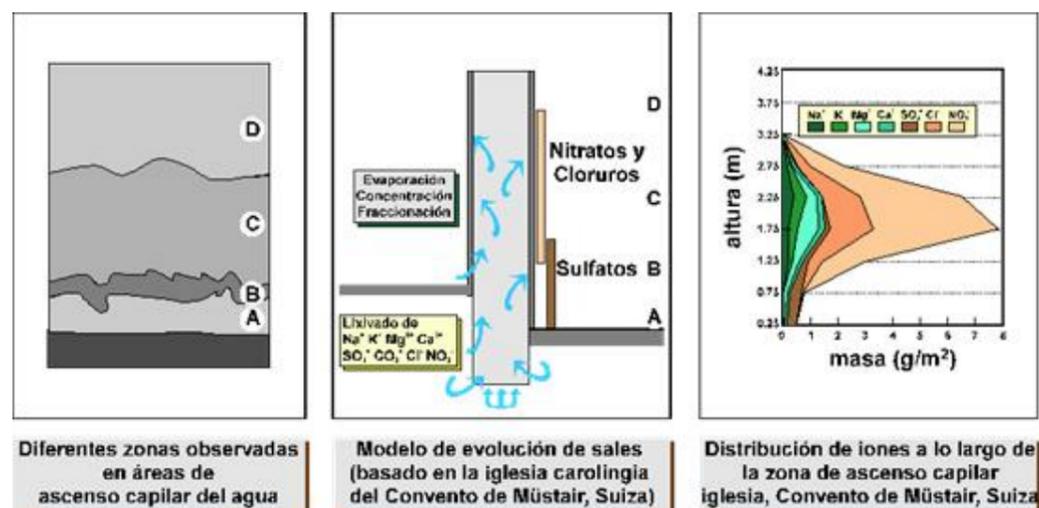


Figura A I: Zonación del deterioro y cristalización de sales debidos al ascenso capilar y fraccionación de soluciones salinas en muros y revestimientos. (Proyecto rehabilitación del Convento de Müstair; Suiza).

— Deposición «estratigráfica» de sales: eflorescencias y criptoeflorescencias.

La localización exacta de una sal respecto de la superficie exterior depende del mecanismo de saturación de la solución. En el caso de deberse a evaporación, el proceso está controlado por **dos procesos difusivos** que actúan simultáneamente.

Por un lado, la tasa de evaporación o de difusión de vapor de agua a través del material ya seco hacia el exterior y, por otro, la tasa de aporte de solución a través de la red porosa bañada hacia el frente de evaporación. Si la velocidad de difusión del vapor es menor que la de migración de la solución, esta última podrá llegar a la superficie externa donde se evaporará y cristalizarán las sales. **Se forman en este caso las eflorescencias.** Si, por el contrario, la tasa de migración de solución es menor que la tasa de difusión del vapor de agua el equilibrio se alcanzará a una cierta distancia de la superficie, **produciéndose en este caso criptoeflorescencias.**

Obviamente, las tasas de evaporación o de difusión del vapor de agua a través del material ya seco hacia el exterior dependen de la humedad relativa del aire exterior. Bajo condiciones de humedad relativa más bajas, las tasas de difusión del vapor de agua son mayores por lo que se producirá una mayor precipitación de sales en forma de criptoeflorescencias.

Lógicamente, variaciones en las condiciones ambientales hacen que una determinada sal pueda cristalizar como eflorescencia o como criptoeflorescencias en distintos momentos (a escala diaria y estacional), lo cual genera secuencias estratigráficas formadas por sales de la misma naturaleza. Además, si la solución es multicomponente puede darse el caso que determinadas sales cristalicen como eflorescencias y otras como subeflorescencias a una misma altura del muro y al mismo tiempo. Así, si la tasa de difusión del vapor es suficientemente lenta como para permitir el acceso de la

solución a la superficie exterior, la evaporación tiene lugar sobre esta última, de forma que incluso una sal moderada a fuertemente soluble en agua puede precipitar como eflorescencia.

Sin embargo, la evaporación también hará concentrar la solución localizada inmediatamente por debajo de la superficie en cierto grado, de manera que puede alcanzarse el punto de saturación para una sal menos soluble que la cristalizada en el exterior, formándose una criptoeflorescencia. El resultado es una secuencia estratigráfica formada por sales de distinta naturaleza.

Por otro lado, si el mecanismo de saturación se debe al descenso de la temperatura, entonces lo más probable es que se formen criptoeflorescencias, dado que la solución contenida en el sistema poroso no se mueve y las sales cristalizan en el interior del material donde la temperatura desciende lo suficiente para saturar la solución. Estas generalizaciones son solo válidas para medios homogéneos. En medios heterogéneos, como los constituidos por un sistema muro-revestimiento de mortero, la situación es más complicada. Así, a pesar de que las condiciones ambientales sean propicias para la formación de eflorescencias, las sales pueden cristalizar en la superficie de contacto entre el muro y el mortero o entre el mortero y la capa pictórica. Esto es debido a que la nucleación y crecimiento de las fases sólidas no depende únicamente de la difusión de material, sino de **efectos energéticos de superficie**. No obstante, una vez que la sal se encuentra en el interior del material, los procesos de deterioro ocurren de forma similar a como ocurrirían en medios homogéneos.

Otra forma de alteración comúnmente atribuida a la cristalización de sales, sobre todo en rocas de elevada porosidad, son las **alveolizaciones** encontradas en las superficies de los materiales pétreos. Su morfología es muy típica, con entrantes y salientes más o menos irregulares y profundos dando un aspecto craterizado y acompañado de importante pérdida de cohesión. Esta forma de alteración se produce cuando se dan las siguientes condiciones:

- Elevada porosidad de la roca.
- Elevado contenido de sales solubles e higroscópicas.
- Fuerte turbulencia del aire en contacto con la superficie rocosa.

Bajo estas condiciones, el intercambio de vapor de agua entre la piedra y el aire es rápido y continuo por lo que pueden producirse ciclos de cristalización/disolución y de hidratación/deshidratación de sales.

Por otra parte, el movimiento turbulento del aire pone en movimiento el material incoherente producido durante la alteración, ejerciendo una acción mecánica abrasiva que acelerará la pérdida de materia en las zonas especialmente atacadas por las sales.

Por lo tanto, mientras que las eflorescencias y criptoeflorescencias tenderán a concentrarse en las partes donde se produce preferentemente la evaporación, las alveolizaciones pueden desarrollarse también en otras partes.

ANEXO II. INSECTOS XILÓFAGOS.

A I.I TERMITAS (*Reticulitermes lucifugus Rossi*).

Son insectos sociales que viven en comunidad. Existen cuatro castas principales con morfologías diferentes:

- Obreras: se encargan de los trabajos de la colonia, conseguir alimento o excavar. Tienen el cuerpo blando, blanco, son ciegas y no tienen alas.
- Soldados: se encargan de defender la colonia de intrusos. De cabeza endurecida y marrón, son ciegas y estériles.
- Reproductoras: cuerpo castaño pigmentado, poseen alas en época de vuelo.
- Ninfas: pueden desarrollarse en cualquiera de las anteriores castas, son jóvenes y pueden ser reinas en caso de desaparecer de la colonia la pareja real.

Las colonias de termites funcionan de la siguiente forma: con las primeras lluvias de primavera y otoño, parejas jóvenes de ninfas abandonan el termitero volando, se fecundan en el vuelo comenzando seguidamente la construcción del nuevo termitero. En la primera puesta solo nacen obreras, necesarias para la construcción del termitero y la alimentación de la colonia, la reina se dedica únicamente a poner huevos.

Las termitas anidan en el suelo, en general, necesitan un grado de humedad entre el 80-90 % y la temperatura óptima oscila entre los 28-30 °C. Desde el nido subterráneo construyen galerías hasta alcanzar la madera (si es necesario forman conductos de unión con tierra, en los que mantienen el alto grado de humedad necesario para su vida). Una vez en la madera, abren galerías paralelas a la dirección de las fibras, dejando una ligera capa exterior que las protege de la luz solar, por lo que es muy difícil de reconocer. Los daños son muy característicos dejando entre las galerías tiras de madera sin afectar (adquiere el aspecto de hojas de libro). Su termitero suele ser independiente lo que hace más difícil su erradicación. Se alimenta de la celulosa atacando únicamente la madera de albura dado que el duramen puede afectar negativamente a los protozoos y bacterias necesarias para desdoblar la celulosa. Prefieren maderas muy húmedas y atacadas por hongos.



A I.II CARCOMA GRANDE (*Hylotrupes bajulus*).

Son los mayores insectos xilófagos en España (8-10 mm) y también se diferencian de la carcoma común por el tamaño de sus antenas. Los insectos adultos vuelan para aparearse en julio-agosto, la hembra deposita los huevos (unos 200 aproximadamente) en las grietas superficiales de la madera con la ayuda del oviscapto para penetrar la puesta al interior de la madera. Las larvas perforan hacia el interior de la madera y permanecen en ella entre 3 y 14 años, produciendo galerías ovales llenas de la mezcla de serrín y excrementos. Una vez completado el crecimiento crea un capullo de crisálida, no sin antes crear un orificio de salida que abandonará ya en forma de escarabajo, saliendo de la madera mediante estos orificios de sección elíptica 7-10 mm de diámetro. Atacan principalmente a la albura. Las altas temperaturas y humedad aceleran la evolución de las larvas (para que la larva pase a su estado adulto debe haber una temperatura superior a 25 °C).

Los signos evidentes del ataque se producen cuando el insecto pasa al estado adulto y abandona la madera, por ello es muy difícil detectar el ataque a tiempo. No obstante, si nos acercamos silenciosamente a la madera atacada (principalmente en verano), podremos escuchar con suficiente claridad el áspero sonido producido por las larvas mayores mientras roen.



Imagen A



Imagen B

Imagen A extraída del directorio web www.controlatusplagas.com [2012]; Imagen B extraída de www.sisdisinfestazioni.html [2012]

Hylotrupes bajulus: a la izquierda (Imagen A) tenemos el insecto en estado adulto, a la derecha (Imagen B) en su estado de larva perteneciente a su vida en el interior de la madera.

A 1.III CARCOMA COMÚN (*Anobium punctatum*).

Son pequeños coleópteros (3-9 mm de longitud) que se alimentan de celulosa, atacando la albura y el duramen. Suelen vivir en el interior de la madera entre 1-3 años, entrando y saliendo de ella dejando perforaciones circulares de 1,5 a 3 mm de diámetro, provistas de un serrín basto y frondoso. Los ataques de este insecto aumentan con humedad superior al 20 % y con la presencia de hongos o bacterias en la madera, por ello es más probable su aparición en las zonas húmedas de la vivienda. La temperatura óptima para el desarrollo de las larvas es de 22-23 °C.



Imagen C



Imagen D

Imagen C extraída de la página web www.tierfotograf.com [2012]; Imagen D extraída del directorio web www.flickr.com [2012].

Coleóptero anóbido (carcoma común de los muebles). A la izquierda presenta estado de larva (Imagen C), a la derecha en estado adulto (Imagen D).

ANEXO III. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE HUMEDAD.

A III.I PROTIMETER MINI (HUMIDÍMETRO).

El Protimeter Mini es un equipo de medición del contenido de humedad de la madera. Dispone de electrodos con dos espigas y un enchufe junto a ellas para la utilización conjunta con la sonda de humedad y cables reforzados y las sondas para profundidad de paredes. La toma se puede utilizar tanto con el electrodo tipo martillo como con el sensor de contacto opcional.

La gama de datos obtenidos con el instrumento va desde el 6 % hasta muy por encima del contenido de humedad de saturación de las fibras en la madera. El equivalente en materiales de construcción va desde humedad no perjudicial/seca a peligrosa.

Las indicaciones por encima del 28 % señalan un incremento de niveles de humedad elevada. No son porcentajes del contenido de humedad.

Modo de empleo:

- Quitar el capuchón del electrodo e introducir con firmeza los pins en el material de construcción. Hay que tener en cuenta que en los casos en que la superficie está cubierta por un material impermeable al agua se deben utilizar electrodos de pins.

Este instrumento Protimeter posee las siguientes características:

- Está calibrado para suministrar lecturas directas del contenido de humedad de maderas.
- Identificado de colores para uso sobre yeso, ladrillos, en base relativa.
- Las lecturas altas, indican un elevado contenido de humedad y viceversa.
 - Verde: Condiciones de secado al aire. Deterioro imposible.
 - Amarillo: Ligeramente por encima de lo normal. Necesaria investigación complementaria.
 - Rojo: Humedad excesiva.

A III.II TERMOHIGRÓMETRO DIAGNOSTIC. PROTIMER MOD. IV.

Diseñado para medir la humedad relativa (h. r.) desde aproximadamente un 25 % h. r. a 98 % h. r. y la temperatura desde -10 °C a 40 °C o 25 °F a 105 °F. El termómetro de superficies, de respuesta rápida, tiene una gama de -50 °C a 100 °C (-58 °F a 212 °F) y también está recomendado para medir la temperatura del aire.

Modo de empleo:

- Enchufar la sonda del Termohigrómetro en la toma lateral del instrumento. La sonda se puede utilizar con el cable de prolongación para mediciones en ángulos difíciles o a niveles elevados.
 - Pulsar el botón **rojo** para mediciones de **Temperatura**.
 - Pulsar el botón **azul** para medir el porcentaje de **Humedad Relativa**.

En el caso de uso normal, solo se precisan unos pocos segundos para obtener una lectura correcta. Para conseguir una lectura idónea cuando existen grandes diferencias en los niveles de humedad o temperatura, es posible que se necesiten hasta 5 minutos. Para incrementar el grado de respuesta agitar la sonda varias veces en el aire.

Tras las lecturas del porcentaje h. r. aparece la indicación M; tras las lecturas la indicación de grados Celsius o grados Fahrenheit.

Una lectura de 1 M indica que la humedad relativa está fuera de la gama de la sonda del Termohigrómetro que se está utilizando, es decir, demasiado mojado o demasiado seco, puede significar que existe agua en el sensor de h. r., posiblemente causada por condensación del mismo sensor. Esto puede dañar el sensor, en este caso, su proveedor puede suministrarle sondas intercambiables a un coste moderado.

En caso de duda sobre la calibración de la sonda del Termohigrómetro, puede adquirirse un kit de calibración a través de su proveedor.

La circunstancia de que la pila está descargada, viene indicada por la presencia continua de la letra B al encender el instrumento. Sustituir la pila (tipo 6F22) sacando el compartimento de la pila situado en la parte trasera del instrumento.

Guardar el aparato en lugar seco. Evitar que se moje la punta de la sonda del Termohigrómetro.

IV. CONCLUSIONES

La ejecución y desarrollo del presente proyecto ha aportado una ampliación de conocimientos en la materia de rehabilitación de edificios. Principalmente, la experiencia adquirida ha propiciado la capacidad de generar una metodología de trabajo para el desarrollo profesional en este campo de la edificación.

Durante el proceso se han aprendido las técnicas necesarias para realizar una investigación de las características de un edificio existente: históricas, arquitectónicas y constructivas, trabajando con los medios y herramientas de consulta que son necesarios para tal fin. Se ha llegado a la conclusión de que el edificio objeto de estudio forma parte de la tradicional arquitectura de las viviendas unifamiliares de principios del siglo xx de la zona rural valenciana de *l'Horta Nord*. Prueba de ello es la distribución de la vivienda, pues en todo momento sigue un patrón común a este tipo de edificios:

1. Conexión de la puerta principal con la puerta trasera mediante un amplio pasillo central para el paso de carruajes utilizados en la labor agrícola de los propietarios.
2. A derecha e izquierda de este pasillo central se disponen las habitaciones y el salón-comedor, respondiendo a lo que se conoce tradicionalmente en la zona como *casa a dos mans*.
3. Ampliación de la vivienda en la parte posterior para la ubicación del baño y la cocina.
4. La parte trasera del edificio era utilizada tanto para almacenar útiles y herramientas de la labor agrícola como para alojar los animales utilizados en la misma.
5. Además la parte superior de la vivienda, la que actualmente se divide en Planta Primera y Planta *Cambra*, era totalmente diáfana y existía una sola planta denominada *cambra* utilizada para secar y almacenar los productos agrícolas de temporada.

Se ha realizado un levantamiento gráfico y un estudio arquitectónico pormenorizado de toda la vivienda, con el objetivo de conocer detalladamente el edificio para poder trabajar desde una base de datos sólida que nos permita comprender gráficamente la resolución de los elementos constructivos que forman en su conjunto la edificación.

Asimismo, se ha realizado un estudio de los distintos materiales utilizados en la construcción de la vivienda, lo cual ha permitido conocer que el edificio trabaja de forma isostática mediante apoyos

directos de los forjados leñosos sobre los muros de carga de dos pies de ladrillo cerámico macizo recibido con morteros de cal. El paso del tiempo y la adaptación de la vivienda a las necesidades de los propietarios han originado modificaciones y ampliaciones de ciertas zonas y usos de la vivienda. Muestra de ello es el forjado de hormigón armado que se ha añadido en la originaria *cambra* para dividir la planta en dos estancias, con el fin de albergar una nueva casa que da lugar en la actualidad a dos viviendas independientes.

Del mismo modo, se ha adquirido una experiencia para el registro de detección de patologías mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en la documentación consultada. Este apartado ha resultado gratificante, ya que ha dado la oportunidad de llevar a cabo los procedimientos de detección y evaluación necesarios en una vivienda que presenta patologías reales que requieren una intervención. Se han estudiado patologías que posiblemente sean características de este tipo de soluciones constructivas y que se presentan del siguiente modo:

1. Humedades capilares por estar los muros de carga en contacto directo con el terreno.
2. Infestaciones de insectos xilófagos en toda la vivienda por su tradicional tendencia a la utilización de madera, tanto estructuralmente como en el mobiliario o carpintería.

Se ha aprendido a distinguir entre los diferentes ataques de insectos xilófagos y conocer el daño que cada uno de ellos puede causar, entendiendo la relación entre las distintas patologías. Esto es debido a que los insectos xilófagos requieren cierto grado de humedad, que en este caso es proporcionada por la capilaridad que presentan los muros. Además, se ha podido disfrutar del trabajo multidisciplinar, gracias a la colaboración con el Departamento de Química de la Universidad Politécnica de Valencia en la toma de muestras y la realización de ensayos de materiales, se ha hecho posible el enfoque y el desarrollo del proyecto en unas condiciones idóneas.

Se ha realizado paralelamente un trabajo de campo mediante numerosas visitas al edificio, compaginándolo con ensayos de laboratorio que nos ha permitido determinar de forma científica el contenido de humedad existente en los paramentos, mediante pruebas de desecación. En estas pruebas hemos aprendido a utilizar equipos más sofisticados, muestra de ello es la balanza térmica, que nos ha llevado a comprender los errores cometidos en el proceso inicial del ensayo de desecación (la temperatura inicial de la prueba a 120 °C hace que el yeso se descomponga perdiendo agua de hidratación, dando errores en las pesadas realizadas por mezclar en las mismas el contenido de

humedad de la muestra con el agua de hidratación del yeso) para corregir el procedimiento y obtener finalmente un resultado aceptable.

Del mismo modo, la elección de las soluciones que se proponen en el presente proyecto ha permitido intentar resolver de forma más práctica y eficaz las distintas patologías estudiadas, proponiendo soluciones a través de fichas genéricas en las que se incluyen detalles constructivos y productos específicos existentes en el mercado para cada una de las patologías. Asimismo, se propone un procedimiento de intervención en el que se correlacionan las patologías para determinar un orden de ejecución en las intervenciones propuestas, con el fin de intentar dar la solución más efectiva.

Para concluir el presente trabajo, solo queda agradecer a todas las personas que han hecho posible terminar mi etapa académica desarrollando este Proyecto de Fin de Grado. Cada uno de ellos ha participado de distinta forma, pero me han transmitido su incondicional apoyo en aquello que estaba a su alcance, por ello estaré eternamente agradecido a:

- La Universidad Politécnica de Valencia y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación por poner los medios necesarios para ofrecerme la posibilidad de cursar una titulación como la de Ingeniero en Edificación, y a todos los profesores que han sabido transmitir con pasión la forma de vida que supone esta titulación.
- Los profesores Juan Bautista Aznar Molla y María Dolores Marco Martínez por su constante apoyo y seguimiento como directores del Proyecto de Fin de Grado. En todo momento me he sentido arropado por profesionales competentes que han demostrado vocación e interés por transmitir conocimientos y experiencias a uno de sus alumnos y porque estoy seguro de que el curso siguiente seguirán haciendo lo mismo.
- Agustín Díaz Poveda, compañero y alumno del Taller en el que se desarrolla este Proyecto de Fin de Grado, por su la colaboración ofrecida en el campo de las humedades capilares del presente trabajo.
- Vicenta Cuñat Marco, mi abuela, propietaria de la vivienda de Planta Baja estudiada en el presente trabajo. Por permitir con total libertad y plena confianza las distintas acciones llevadas a cabo en su vivienda, a pesar de las continuas molestias ocasionadas y su delicado

estado de salud, con el deseo personal de que algún día pueda ver los frutos de este trabajo.

- Mis padres María de los Llanos Caballer González y Agustín Soriano Cuñat, por hacer posible que esté escribiendo hoy estas palabras. Es imposible plasmar en unas líneas lo que esto conlleva, sin embargo, agradeceré ser una labor que practicaré toda la vida.
- Mi niña Laura, por estar ahí cuando lo necesitaba, por darme el cariño necesario para levantarme en los momentos delicados y por supuesto por llenar de ilusión mi vida con el simple hecho de despertar a su lado.
- Mis hermanos Marga y Vicent por darme el placer de compartir la vida con ellos.
- Mi tía María Jesús por su paciencia y apoyo. Gracias por romper la barrera de la distancia para demostrarlo.
- Al resto de mi familia y amigos que siempre estarán ahí.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO ALONSO, L. (1993) *La humedad como patología frecuente en la edificación*, Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid (Servicio de Rehabilitación).
 - ARNAU AMO, J. ET ALII (1981) *Primer cursillo sobre protección de la madera, su conservación y restauración en antiguos edificios*, Valencia: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.
 - ARRIAGA F. ET ALII (2002) *Intervención en estructuras de madera*. Madrid: AITIM.
 - BLAT LLORENS, J. V. (2007) *Construcción*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
 - CAPUZ LLADRÓ, R. (2008) *Materiales Orgánicos. Madera*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
 - GARCÍA MORALES, S. (1995) *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos*, Tesis Doctoral de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
 - GRATWICK, R. T. (1976) *La humedad en la construcción. Sus causas y remedios*, Barcelona: Editores técnicos asociados. S. A.
 - LOZANO APOLO, G. ET ALII (1993) *Curso de tipología, patología y terapéutica de las humedades*, Oviedo: Consultores Técnicos de Construcción.
 - *Manual de instrucciones del Kit de humedad Compleat-Protimeter* [1995].
 - MONJO CARRIÓ, J. ET ALII (1993) *Curso de patología conservación y restauración de edificios, Tomo 1 2ª edición*, Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
 - MOURIER, H., WINDING, O., SUNESEN, E. (1979) *Guía de los Animales parásitos de nuestras casas*, Barcelona: Omega.
 - RUIX I CONTELLES, V. (1995) *Borbotó, desde l'Arxiu Parroquial*, Pobla de Vallbona.
 - SERRANO LANZAROTE, B. (2006) *Cartilla de actuaciones «in situ» en inspección y evaluación preliminar*, Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación.
 - SKOOG, DOUGLAS A. (1994) *Análisis instrumental*, Madrid: McGraw-Hill.
 - VEGAS, F., MILETO, C., (2007) *Renovar conservando. Manual para la restauración de la arquitectura rural del Rincón de Ademuz*, Valencia: Mancomunidad Rincón de Ademuz.
 - www.geotécnia.com [2012].
 - www.humicontrol.com [2012].
 - www.quimunsa.com [2012].
 - www.rae.es [2012].
 - www.testo.com [2012].
- NORMATIVA:
- *Código Técnico de la Edificación*, Documento Básico Salubridad (2009).
 - *Normas Tecnológicas de la Edificación*, Tejados de Tejas (NTE-QTT) (1974).