



Universidad de Valladolid

**Escuela Técnica Superior
de Arquitectura**

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

MONITORIZACIÓN DE PATRIMONIOCULTURAL.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MHS COMO SISTEMA
DOMÓTICO Y DE CONTROL PARA EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO.

David Mediavilla Martin

Tutor: Jesus Feijó

Valladolid, Junio de 2016

RESUMEN

Este trabajo expone un tema incipiente como es el de la monitorización y control de inmuebles protegidos a través de aparatos electrónicos. En concreto inmuebles patrimoniales de carácter histórico-monumental. Se divide en dos partes, la primera presenta la instalación domótica, describe sus mecanismos, funciones y los sistemas actualmente más extendidos en el mercado para realizar una instalación de este tipo. Es decir, un compendio del estado del arte actual en este tema.

La segunda parte describe la relación de estos dispositivos con la legislación vigente en el ámbito de la restauración; aborda ejemplos prácticos –ligados a una tecnología en concreto (MHS) –, analiza los datos y obtiene unas conclusiones y un diagnóstico en función de estos.

Por último se incluyen una serie de parámetros en forma de tablas a la hora de monitorizar cualquier pieza de arquitectura y se aborda brevemente cómo esta tecnología podría utilizarse en la rehabilitación de viviendas.

Etiquetas: ***Monitorización, Sensores, Patrimonio Cultural, Control preventivo, Sistema MHS.***

SUMMARY

This essay presents an emerging topic as is the monitoring and control of a heritage building by electronic devices. It is divided into two parts, the first one is to present the actual state in in the field of automation system, describe its mechanisms, systems –avoiding the specific details–. Subsequently it gives an approach to the most widespread current systems nowadays, its components and devices are exposed as well as their operation. It is a compendium of the current state of art of such systems.

The second part, accommodates such devices to existing legislation, and addresses practical examples related to a particular technology (MHS).

Finally a number of parameters are appended in the form of tables –those ones to consider and why– to monitor any piece of architecture.

Tags: ***Motorization, Sensors, Patrimonial Heritage, Preventive control, MHS system.***

INDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
1.1 VENTAJAS DE MONITORIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA	8
PRIMERA PARTE. ESTADO ACTUAL. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN	
2. SENSORES	11
2.1. QUÉ ES UN SENSOR	11
2.2. CLASIFICACIÓN	12
2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES	13
2.4. SENSORES UTILIZADOS EN LA ARQUITECTURA	15
3. ACTUADORES	22
3.1. RELÉ.	22
3.2. REGULADORES O DIMMERS	23
3.3. ELECTROVÁLVULAS	23
3.4. MOTORES ELÉCTRICOS	24
4. INFRAESTRUCTURA	25
4.1. TOPOLOGÍA EN BUSO DISTRIBUIDA	25
4.2. TOPOLOGÍA EN ESTRELLA	26
5. UNIDAD DE CONTROL	27
5.1. ENTRADAS Y SALIDAS. PUERTOS DE DATOS.	27
5.2. HARDWARE DE PROCESO DE DATOS Y DE RELACIÓN CON EL USUARIO	28
5.3. SOFTWARE	28
5.4. ACONDICIONADORES DE SEÑAL	29
5.5. AMPLIFICADORES Y CONVERTIDORES ANALÓGICO DIGITALES	31
5.6. MICROCONTROLADORES	31

6. ESTANDARES Y SISTEMAS. MARCAS.	32
6.1 SISTEMA X-10	32
6.2 SISTEMA EIB (EUROPEAN BUS INSTALLATION)	37
6.3 LONWORKS	40
6.4 OTROS	42
SEGUNDA PARTE. SISTEMA MHS. EJEMPLOS PRÁCTICOS	43
7. ¿QUÉ ES MHS?	43
7.1. LEGISLACIÓN	44
7.2. DESARROLLO DE UN PROYECTO	45
8. EJEMPLOS	50
8.1 SANTA MARÍA DE MAVE	51
8.2 CENTRO TECNOLÓGICO DEL PATRIMONIO	61
9. CONCLUSIONES	84
9.1 CONCLUSIONES ACERCA DEL SISTEMA MHS	84
9.2 CONCLUSIONES ACERCA DEL TRABAJO	85
10. ANEXO I. RELACIÓN DE PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA ARQUITECTURA. TABLAS	87
11. ANEXO II. INTRODUCCIÓN DE MHS EN LA REHABILITACIÓN.	105
BIBLIOGRAFÍA	112
RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS	113

MONITORIZACIÓN DE PATRIMONIO CULTURAL.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MHS COMO SISTEMA DOMÓTICO Y DE CONTROL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las nuevas tecnologías han ido introduciendo la automatización y los sensores en nuestra vida cotidiana progresivamente, de tal manera que hemos aprendido a utilizarlos y a convivir con estos elementos de manera casi instintiva. Por ejemplo, sabemos que en una casa existen una gran variedad de aparatos que incorporan sensores, a saber, mandos a distancia o cámaras fotográficas, o automatismos, como el portero automático. También aparecen desperdigados por la ciudad en los radares de tráfico, algún semáforo o simplemente, en los detectores de presencia en las puertas automáticas.

Si bien es cierto que a pocas personas les importan las características de estos dispositivos cotidianos -si funcionan con infrarrojos, con ultrasonidos u ondas de radio- o sus parámetros de acción -si miden temperatura, humedad, pH o presión- también lo es que vivimos en una sociedad cada vez más rodeada y dependiente de sensores.

Es de prever que el auge de las *"Smart Cities"* multiplicará la presencia de los sensores en el ámbito público y urbano, y la tendencia hacia la domótica y la automatización, en pos de la eficiencia energética, también los multiplicará en el ámbito privado, por lo tanto ambas direcciones nos exigen que conozcamos algo más de ellos.

Por otra parte, el constante desarrollo de la electrónica, las telecomunicaciones y la informática han posibilitado un nuevo avance de la arquitectura. Del mismo modo que la introducción de la electricidad o el agua en las ciudades en el siglo XIX fueron vistas como algo innovador al alcance de muy pocos y actualmente se consideran servicios básicos, es muy probable que la aún incipiente domótica se considere como indispensable en un futuro próximo.

Entre los objetivos que se plantean están:

- Estudio del estado del arte en el campo de dispositivos de comunicación y sistemas domóticos así como de las ventajas de la monitorización en la arquitectura.
- Exposición del estado actual de buena parte del Patrimonio Cultural de las zonas rurales y breve repaso de la legislación vigente sobre el mismo.
- Análisis de la monitorización de edificios a través de una técnica concreta.

1.1 VENTAJAS DE MONITORIZACIÓN EN LA ARQUITECTURA

El control y monitorización en la arquitectura comporta unas ventajas en el mantenimiento del edificio que no podemos pasar por alto, entre las que podemos destacar las siguientes:

Conocimiento y regulación de consumos en tiempo real: A la hora de abordar la restauración de un inmueble es necesario también ajustar su consumo energético, para lo cual se necesita partir de unos datos de consumo lo más precisos posible, sobre todo en el ámbito del consumo eléctrico y de calefacción. Un sistema automatizado registra en tiempo real parámetros como la temperatura, y mediante un algoritmo, el consumo de energía que supone, así como la potencia eléctrica instalada y el consumo real de la misma. Permite realizar un seguimiento continuo de la energía consumida así como acciones que impliquen un ahorro de la misma. Un dispositivo colocado en un contador inteligente, podría programar el consumo de electricidad en función de los precios a las horas valle definidas por los suministradores.

Soleamiento y control de luz natural: Permite monitorizar la incidencia de luz solar y compararla con las necesidades de iluminación para realizar un estudio de donde, cuando y cuanta iluminación artificial se precisa, maximizando la eficacia energética de la instalación. Permite también regular automáticamente la entrada de luz y calor cuando sean excesivos para el confort o el buen estado de las piezas que se alojen en el interior. Un sensor en la carpintería de la ventana permitiría activar la iluminación a partir de un determinado valor de luz solar, así como activar mecanismos de oscurecimiento a partir de otro.

Calidad del aire interior: Se trataría de una medida de seguridad, un detector de contaminantes avisa cuando el aire interior del inmueble está viciado y podría reaccionar a ello automáticamente, por ejemplo abriendo las ventanas. Así mismo también regularía la entrada de aire en la cantidad justa para la ventilación del inmueble, sin que fuera necesario calefactar más aire del debido, con el consiguiente ahorro energético que supone.

Presencia de humedades o riesgo de ellas: Un detector de humedad y temperatura avisaría cuando se llega a un punto crítico tras el cual aparecerían humedades de condensación en las paredes, o la posible presencia de humedades intersticiales dentro del paramento, que son prácticamente imposibles de detectar, dando así la posibilidad de actuar antes de que aparezcan.

Estado estructural del edificio: En la rehabilitación de un edificio antiguo es esencial conocer su estado estructural, su riesgo de colapso y el estado y evolución de las grietas que hayan aparecido por las repercusiones que tienen en el conjunto del edificio. La monitorización permite un estudio muy preciso de los desperfectos, su evaluación conforme a si suponen un riesgo para los usuarios y sobre todo, el seguimiento de estos en tiempo real. Supone realizar una posible intervención estructural de menor cuantía antes de que su urgencia se haga patente y dispare su coste.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Presencia de Xilófagos: En edificios de estructura de madera, que en el caso de los edificios patrimoniales son prácticamente todos, permite identificar la presencia de xilófagos, controlar su aparición, focalizar el área de tratamiento afectada minimizando el coste de la intervención y limitar la actuación en el resto del edificio a la mera inspección preventiva. También permite una gran rapidez en la respuesta en caso de ataque biológico pudiendo actuar antes de que tal ataque se convierta en endémico y obligue a sustituir la pieza, en muchos casos original.

Seguridad: Los edificios patrimoniales, culturales o de culto destacan sobre los demás tanto por su forma y aspecto como por su contenido, ya que suelen albergar elementos artísticos de gran valor. Su monitorización permite controlar la entrada de personal, la situación de las piezas artísticas o el inventariado de las mismas, así como la prevención de actos vandálicos. Por otra parte la monitorización aplicada a la seguridad es una de las más desarrolladas y contrastadas, con lo que su instalación es la más económica y rentable.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

PRIMERA PARTE: ESTADO ACTUAL. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN.

En esta parte se presenta y describe una instalación domótica. Se han separado y tratado con independencia cada uno de los componentes para su mejor comprensión, explicando su papel y funcionamiento en la instalación: se describen las características de los sensores utilizados y sus tipos, los acondicionadores de señal, los actuadores, la infraestructura o el software del sistema, todo ello ejemplificado convenientemente.

Además, para finalizar, se incluyen los sistemas de control actualmente presentes en el mercado, sus características principales y ventajas e inconvenientes.

2. SENSORES

2.1. QUÉ ES UN SENSOR

La RAE define sensor como *“Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc. y la transmite adecuadamente”*¹

De una manera más general, un sensor es un aparato que imita la capacidad de percepción humana del medio físico, son aquellos dispositivos con los que nos relacionamos con el entorno y lo más importante, lo medimos, para decidir si dicho entorno es agradable para nosotros - sensores de temperatura, termostatos -, peligroso -sensor de NO₂ o SO₂- o no lo es; y, en función de ello, activar órdenes y procesos para intervenir, restaurar o mantener el confort - encender la caldera o abrir una ventana para expulsar el exceso de CO₂ -

Debido a su característica de imitar la percepción humana encontramos sensores relacionados con los sentidos². Vista - sensores fotoeléctricos- oído -presión del aire- o tacto - reaccionan al contacto-. Son los elementos fundamentales de toda instalación de automatización, puesto que son los proveedores de información.



Fig. 1 Sensor de presencia de Nintendo Wii. El sistema con el cual nos relacionamos con la consola y participamos del videojuego.

Fuente: <http://www.amazon.com/Generic-Infrared-Sensor-Nintendo-Wii-Controller/B0018QOWEU>

1 Buscador de la RAE: <http://dle.rae.es/?id=DglqVCc>

2 SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *Guía Práctica de Sensores*. Ed Copyright 2010 pp 3

2.2. CLASIFICACIÓN

Han sido desarrollados gran variedad de sensores, habida cuenta la gran variedad de parámetros mensurables en el entorno humano, de este hecho se deriva la necesidad de una clasificación, aunque sea somera, para entender su funcionamiento³:

Atendiendo a su funcionamiento

Activos: Requieren de una fuente de alimentación externa para su funcionamiento. Casi todos los sensores pertenecen a esta clase.

Pasivos: No requieren de alimentación para su funcionamiento. Los más simples consisten en conmutadores que, al chocarse con algo, abren el circuito de un motor y lo paran.

Atendiendo a las señales que proporcionan

Analógicos: Proporcionan información de manera analógica, como una relación entre tensión e intensidad de corriente, por lo que pueden tomar infinitos valores entre un V_{\min} un V_{\max}

Digitales: Proporcionan información de manera digital, es decir, solo pueden tomar los valores "0" y "1" del código binario.

Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento

Posición: Aquellos que miden las variaciones de la posición que ocupan en cada instante del tiempo.

Fotoeléctricos: Aquellos que miden variaciones de la luz incidente sobre ellos

Magnéticos: Aquellos que miden variaciones en función del campo magnético que les atraviesa, como por ejemplo los interruptores diferenciales

Humedad: Aquellos que miden la variación de humedad existente en el medio en el que se encuentran como por ejemplo las estaciones meteorológicas.

Presión: Aquellos que responden a la presión a la que son sometidos, como por ejemplo las pantallas táctiles de los dispositivos electrónicos.

Movimiento: Aquellos que miden la variación en la cantidad de movimiento a las que son sometidos.

Químicos: Aquellos que miden variaciones en función de los agentes químicos externos que incidan sobre ellos.

³ SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op cit.* pp 4-7

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Atendiendo a las características de su fabricación

Mecánicos: Aquellos que utilizan resortes mecánicos, se abren o cierran.

Resistivos: Aquellos que utilizan componentes resistivos eléctricos.

Capacitivos: Aquellos cuya fabricación implica el uso de condensadores.

Inductivos: Aquellos cuya fabricación implica el uso de bobinas.

Piezoeléctricos: Aquellos que incorporan cristales de cuarzo.

Semiconductores: Aquellos que utilicen el silicio en su fabricación.

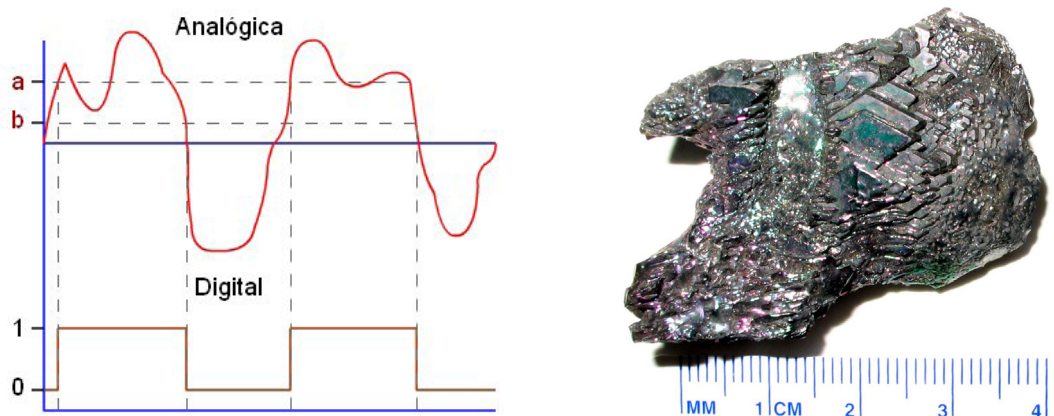


Fig. 2 (Izda) Diferencia entre una señal analógica que puede tomar infinitos valores entre A y B y una digital que únicamente puede tomar valores de 0 o 1. Fig 3 (Dcha) Cristal de silicio cristalino, material semiconductor.

Fuente:

Fig 2. <https://telecomunicacionesdeandarporcasa.wordpress.com/2013/06/25/analogo-vs-digital-topicos-posibilidades-y-conceptos-basicos/>

Fig 3. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_carbide

2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Resolución: Es el mínimo incremento de magnitud apreciable por el sensor

Sensibilidad: La relación entre la magnitud de entrada y la de salida.

Error: Es la desviación esperada respecto de la real. Se expresa en %.

Precisión: El error máximo esperado.

Repetitividad: Es la media aritmética del error esperado en la misma medida.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Así mismo, todos los sensores que se utilicen van a estar en un medio físico único, por lo que es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos a la hora de elegir el sensor para obtener el máximo rendimiento.

Rapidez de respuesta: En función de las situaciones, la rapidez de respuesta ha de priorizar sobre todo lo demás, por ejemplo en detectores de humo contraincendios.

Situación en la que van a ser utilizados: Aislados o no, posibilidad y coste de mantenimiento periódico o no, etc.

Fiabilidad en su funcionamiento: por las mismas razones.

Radio de acción: Necesidad y viabilidad de colocar repetidores

Tensiones de alimentación y consumo de corriente: Relacionados con la eficiencia energética y la tasa de sustitución de baterías o averías en el suministro eléctrico, y la posibilidad de colocar paneles fotovoltaicos.

Márgenes de temperatura de funcionamiento: Comportamiento adecuado y fiabilidad de medición en ambientes extremos

Interferencias de agentes externos y/o vandálicos y resistencia a ellos

Relación calidad/precio.

Como resumen la siguiente tabla muestra el tipo de sensores relacionado con cada aplicación.

APLICACIÓN	SENSORES
Iluminación	Fotorresistivos, Fotoeléctricos
Temperatura	Termistores
Humedad	Resistivos, Capacitivos
Posición	Mecánicos, resistivos, acelerómetros
Presencia	Magnéticos, infrarrojos
Presión	Piezoeléctricos, resistivos
Caudal	Magnetoresistivos
Frio/Calor	Células Peltier
Detectores de gas	Químicos

2.4 SENSORES UTILIZADOS EN LA ARQUITECTURA

2.4.1 Sensores lumínicos. Sensores fotoeléctricos

El sensor fotoeléctrico es un dispositivo que reacciona al cambio en la intensidad de la luz⁴. Se han desarrollado sensores para distintos tipos de luz, las más comunes son las siguientes:

Solar y ambiental: La luz por excelencia y más habitual, aunque también la menos precisa, ya que abarca todas las longitudes de onda y al no poder discriminar, su uso práctico se limita al encendido o apagado en función de su presencia o intensidad.

Rojas, verdes o amarillas: La luz que es emitida por un láser, son visibles y, en gran cantidad difícilmente pueden verse afectadas por la luz ambiental. Se utilizan en procesos industriales, lectores de códigos de barras por ejemplo.

Infrarrojos: No son visibles, y por lo tanto, son prácticamente inmunes a la radiación ambiental. Se suelen emplear en detectores de polvo, como los sensores ópticos contra incendios.

FOTORRESISTORES LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR)

Son los sensores fotoeléctricos más comunes. Básicamente compuestos de una resistencia eléctrica que disminuye conforme aumenta la cantidad de luz recibida y según una relación conocida. Así, permite corresponder una determinada cantidad de luxes con una determinada cantidad de ohmios.

Se fabrican en materiales fotosensibles como los sulfuros - de cadmio, talio o plomo- y se encapsulan en una ampolla de vidrio, para evitar que cualquier interferencia externa pueda reaccionar con el compuesto y falsear la medición. Los parámetros fundamentales para escoger un LDR, dejando al margen la franja de longitudes de onda a la que son sensibles, son el incremento o disminución de su resistencia en relación a la intensidad lumínica recibida, y su retardo de respuesta⁵. Este suele ser diferente si se pasa de oscuridad a luminosidad o viceversa.



Fig 4 Sensor ALMEMO ©FLA 623 VL

Este sensor en concreto está tarado para controlar la luz visible en el entorno de trabajo.

Sensibilidad de espectro	380 a 720nm, máxima a 555nm
Error absoluto	5%
Márgenes de temperatura	-20°C a 60°C
Márgenes de medida	0 a 170.000 lx
Señal	0 a 2V
Características	50g de peso, Ø33mm

Fuente: *Catalogo Almemo:* <http://www.cebit.se/images/cebit/documents/ahlborn/sensors/optical.pdf>

4 y 5 SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op. cit.* Ed Copyright 2010 pp 29-30

2.4.2 Sensores De Temperatura. Termistores

La temperatura es una magnitud de vital importancia en el comportamiento de los materiales, ya que en muchos casos una gran parte de sus propiedades dependen directamente de esta.

Una afortunada consecuencia de esto consiste en la gran variedad de fenómenos que pueden ser utilizados como parámetros para medir la temperatura de un cuerpo o un ambiente: desde la dilatación de cuerpos, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos a la emisión de radiación, ya que esta es directamente proporcional a la temperatura del emisor.

Los más habituales tienen que ver con los cambios en la intensidad de corriente o la diferencia de potencial entre dos temperaturas, aprovechando el hecho de que el sensor habitual proporciona una respuesta eléctrica por ser la más fácilmente registrable, se vincula el proceso de entrada de información con el de salida a una misma variable eléctrica: La resistencia. Pueden llegar a medir un rango de temperatura de -100°C a 1.100°C, por otra parte a efectos de este trabajo nos interesan aquellos tarados en 25°C de temperatura ambiente aproximadamente, con un valor de resistencia - también aproximadamente- de unos 100 Ω.

TERMISTORES NTC (NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT)

Son semiconductores constituidos por óxidos metálicos, de manganeso, níquel o cobre, puesto que estos son muy precisos reaccionando a cambios de temperatura muy leves⁶.

Conforme aumenta la temperatura absoluta de un cuerpo aumenta la capacidad de ese cuerpo para conducir corriente eléctrica, es decir, disminuye su resistencia -un coeficiente de temperatura negativo-, aunque esa relación temperatura-resistencia varía con las impurezas. Por norma general son muy rápidos y precisos, pero tienen un arco de temperaturas muy limitado en comparación con otros tipos de sensores.

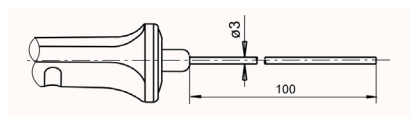
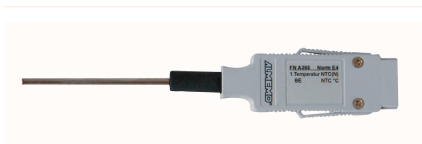


Fig 5 y 5.1 Sensor ALMEMO ©FNA 305

Se trata de varillas de acero inoxidable de 3mm de diámetro, -aunque esta normalizado en función del rango de temperatura-. El escaso rango de temperatura indica que está diseñado para interiores.

Márgenes de temperatura	-10°C a 60°C
Tiempo respuesta T90	8s
Conexiones	Suministro ALMEMO
Características	Ø3.0mm
Longitud	50-100mm



Fuente: <http://www.cebit.se/images/cebit/documents/ahlborn/sensors/temperature.pdf>

6 SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op. cit.* Ed Copyright 2010 pp 37

TERMISTORES PTC (POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT)

Existen dos tipos de PTC según cual sea su composición

Posistores: Se realizan con materiales cerámicos y presentan como característica principal un salto repentino cuando alcanzan una temperatura crítica -denominada “temperatura de Curie”- por encima de la cual su coeficiente de temperatura es positivo. Son utilizados en computación.

Silistores: Se fabrican con silicio y titanio y no acusan tanto las variaciones de temperatura, siendo mucho más suaves que los anteriores. Son ampliamente usados en la industria para controlar bobinas.

2.4.3 Sensores de Humedad

La humedad, expresada como la concentración de agua presente en un ambiente dado, es determinante para aquellos procesos en los que este contenido de agua interfiere. Por ejemplo la corrosión del acero estructural, la posibilidad de condensaciones en un paramento o procesos vinculados a la producción industrial, alimentaria o electrónica.

La humedad puede medirse como

Humedad absoluta: Masa de agua (Kg) por unidad de volumen de aire (m³)

Humedad específica: Masa de agua (g) por masa de aire seco (Kg)

Humedad relativa: Cantidad de agua por m³ de aire seco

La medida más frecuente de entre todas ellas es la humedad relativa. Así, para obtener esta medida se han desarrollado sensores de condensación, capacitivos o de electrolitos. Los capacitivos -aquellos que utilizan condensadores- son los más utilizados⁷ al basarse en la variación de la constante dieléctrica que sufre un condensador con la humedad. Por otra parte los sensores de humedad no suelen limitarse a medir la humedad únicamente, sino que incorporan además sensores de temperatura y presión atmosférica, aunque estos suelen ser menos precisos que los específicamente diseñados para ello.

Fig 6 Sensor ALMEMO © FHAD46

Se trata de un sensor digital capacitivo para medir la humedad relativa, por lo que funciona con un procesador interno programado con ábacos psicométricos.



Rango de medida	0 a 100% de HR
Temperatura nominal	25°C
Error absoluto	±1.8% HR entre 10 y 90%
Tiempo respuesta T63	8s
Conexiones	Suministro ALMEMO
Consumo	6 a 13 VAC / 12mA
Presión atmosférica	700 a 1.100mbar (±2.5mbar)

Fuente: <http://www.ahlborn.com/media/216.DigitalFHAD46%20en>

7 SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: op. cit. Ed Copyright 2010 pp 69

2.4.4 Sensores de Aceleración

Se basan en la Segunda Ley de Newton para sus mediciones, $- F = m \times a -$. Por ello es necesario proveerles de una masa móvil conectada a un resorte sobre la cual se aplicará la fuerza que se desea medir. Entre sus aplicaciones caben destacar sismógrafos o airbags de automóvil que reaccionan a la deceleración repentina.

INCLINÓMETROS

Utilizados cuando lo que se necesitan son medidas angulares. La aceleración gravitacional se puede dividir en los 3 ejes del espacio - Ejes X, Y y Z - en función de la posición del sensor. Una vez colocado el inclinómetro en su posición vertical, si esta varía, la aceleración G de la gravedad también lo hará en función del coseno del ángulo de su nueva posición, así la lectura de salida será $a = g \times \cos \alpha$ (Fig 7).

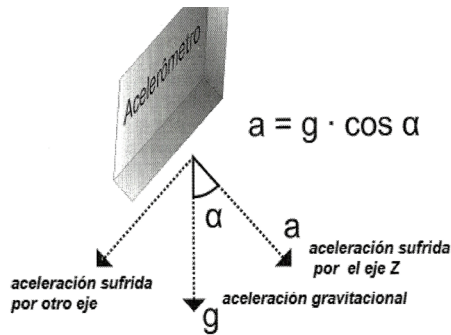


Fig 7 Principio de medida de la inclinación en función del ángulo

Fuente: SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: op. cit. Ed Copyright 2010 pp 100. Fig 10.9

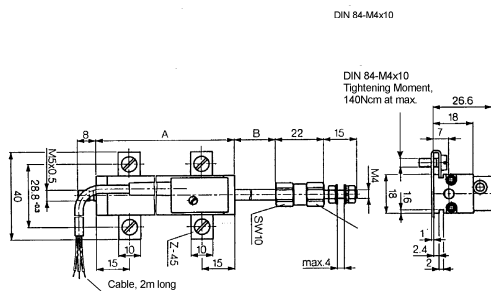
FISURÓMETROS

Son sensores de desplazamiento más que de aceleración, utilizados como su propio nombre indica, en la detección y posterior medición de grietas en paramentos. Sin embargo acusan la fuerza de empuje del elemento al cual esté acoplado. Consisten en una pequeña barra de acero inoxidable graduada y embutida en una funda con todo el aparataje eléctrico. A dicha barra se le colocan dos elementos eléctricos fijados a ambos extremos de la grieta de tal manera que se muevan con ella, y una vez producido, el movimiento queda registrado y medido por el sensor.



Fig 8 y 8.1 Sensor ALMEMO FWA075TR

Es un sensor digital de posición, diseñado para medir todo tipo de fuerzas y desplazamientos, tanto lineales como curvas, lo que lo hace muy apropiado para su instalación en bóvedas o cúpulas.



Rango de medida	0 a 75mm
Fuerza mensurable	>5 N
Temperatura operacional	-30 a 100°C
Error absoluto	±0.001mm
Tiempo respuesta T63	11ms para 50g fuerza
Resistencia a vibraciones	5 a 2.000 Hz
Conexiones	Suministro ALMEMO
Consumo	6 a 13 VAC / 12mA

Fuente: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1684.pdf>

2.4.5 Sensores de Presión

Cuando se quiere medir la presión ejercida sobre un cuerpo los sensores utilizados para ello han de tener un elemento sensible al contacto que ajuste su respuesta eléctrica a la presión ejercida. Esta presión se puede medir en función de los siguientes parámetros.

Presión absoluta: Aquella que se compara con el valor del vacío.

Presión diferencial: Aquella medida entre la diferencia dos presiones dadas.

Presión relativa: Aquella medida respecto de la presión atmosférica, que como norma general se toma como valor cero.

Estos sensores de presión se pueden dividir en dos grupos en función de si necesitan energía para su funcionamiento o no.

Sensores mecánicos: Estos sensores no requieren de energía para realizar sus mediciones. Al no necesitar de energía, se basan en mediciones analógicas por lo que sus mediciones no pueden ser almacenadas, lo cual suele resultar algo engorroso.

Sensores electrónicos: Sí necesitan una fuente de energía, esta energía se emplea en detectar cambios o deformaciones en una membrana, utilizando variados principios físicos o electromagnéticos – resistivos, capacitivos, inductivos, etc.- posteriormente es necesario un circuito acondicionador de señal.

Su aplicación práctica reside en medir la presión de viento en diferentes estructuras, ya sea para testarlas o porque peligre su estabilidad y a partir de un determinado valor, puedan suponer un peligro. En el ámbito de la restauración y rehabilitación, se pueden aplicar entre las llagas del mortero de una fábrica para comprobar la presión ejercida debido a la dilatación y actuar en consecuencia.

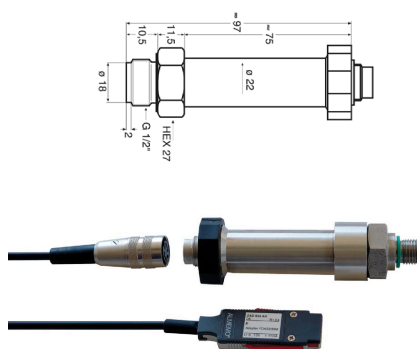


Fig 9 y 9.1 Sensor ALMEMO © FDAD33/35M

Es un sensor digital piezorresistivo que integra un transformador de corriente. Cuenta con tres canales diferentes de salida, uno de los cuales viene programado de fábrica de tal manera que las fluctuaciones de presión y el efecto de la temperatura son eliminados antes de enviar la señal, lo que aumenta su precisión.

<i>Temperatura operacional</i>	-40 a 120°C
<i>Error absoluto</i>	±0.1%
<i>Tiempo respuesta T630.6s</i>	
<i>Conexiones</i>	Suministro ALMEMO
<i>Consumo</i>	6 a 13 VCD / 11mA

Fuente: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?2021.pdf>

2.4.6. Sensores de Gas

Son los dispositivos que más están creciendo en el ámbito de la medición, debido a que son dispositivos de seguridad sea cual sea el campo de aplicación⁸. Actualmente es posible encontrar sensores de casi cualquier gas nocivo y peligroso no solo para el hombre sino también para el medio ambiente. Como los dióxidos por ejemplo, de carbono (CO₂), de azufre (SO₂), o de nitrógeno (NO₂), el monóxido de carbono (CO) o multitud de otras sustancias –amoníaco, alcohol, propano, etc.-.

La multiplicidad de los sistemas que los componen y su funcionamiento es, por lo tanto, muy amplia, dada la gran cantidad de sustancias que es preciso medir en determinados ambientes. Podemos dividirlos según esta clasificación.

Resistivos: Configurado con una resistencia NPC (*Negative Pollution Coefficient*) que actúa similar a las resistencias térmicas, conforme aumenta la concentración de la sustancia también disminuye la resistencia.

Semiconductores: Formados por elementos semiconductores que miden la variación de oxígeno en su superficie, en función de la cual está la tensión de salida.

Electroquímicos: Están basados en reacciones RedOx, (Reducción/Oxidación). Se dividen en un cátodo metálico y un ánodo de referencia, también metálico, separados por un electrolítico conductor. Una vez en presencia del gas, se produce una reacción de transferencia de electrones proporcional a la concentración de gas.

Infrarrojos: Utilizan tecnología infrarroja para la detección de gases, aunque no son muy comunes

MEMS (MicroElectromecanical Systems): Es una combinación de los anteriores, en el que el elemento sensible puede ser desde un metal a un elemento orgánico.

MEMS

Son los sensores más característicos de las narices electrónicas o alarmas, y de entre ellos, un tipo habitual es el que funciona con el óxido de estaño (SnO₂).

Funciona por transferencia de electrones, para lo cual el óxido se calienta a altas temperaturas, absorbe el oxígeno presente y le transfiere los electrones sobreexcitados por el incremento de temperatura. Así se crea una barrera positiva contraria al flujo de electrones, es decir una resistencia, resistencia que será menor en presencia del gas, puesto que hay una disminución de cargas negativas.

⁸ SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op. cit.* Ed Copyright 2010 pp 135

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Fig 10 Sensor ALMEMO © FYA600COB2



Son sensores analógicos de monóxido de carbono basados en una reacción electroquímica para el control y la monitorización de la calidad del aire en garajes o laboratorios, con respecto a un máximo permitido.

Gas	CO
Rango de acción	0 a 300ppm
Temperatura operacional	-10 a 40°C
Error absoluto	±3%
Vida útil de las células	2 años
Consumo	4 a 20mA

Fuente: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1636.pdf>

2.4.7. Otros

Son sensores específicamente desarrollados para la construcción, para paliar defectos asociados al llamado síndrome de edificio enfermo, como humedades o excesiva transmitancia térmica. Por norma general son una combinación de los sensores antes mencionados aplicados específicamente al campo de la rehabilitación de edificios.

TRANSMITANCIA EN LOS PARAMENTOS

Consiste en una placa de metal en contacto con el cerramiento cuya temperatura se monitoriza constantemente mediante termistores NTC ubicados en la misma. A través de la temperatura de la placa se monitoriza la transmitancia térmica del cerramiento

Fig 11 Sensor ALMEMO © Plate FQDA17T



Rango de medida	0 a 80°C
Error absoluto	±0.5°C
Consumo	6 a 13 VDC / 4mA
Dimensiones	100x30x1.5mm

Fuente: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1636.pdf>

SENSOR DE HUMEDAD EN LOS MATERIALES

Sensor digital para medir la humedad presente en los elementos de madera tales como vigas de cubierta. Determina el contenido de humedad indirectamente en función de la conductividad de la madera. Es un aparato manual con dos púas metálicas para clavar en el testigo: Una inyecta un voltaje conocido y la otra mide el voltaje que llega, en función de este tal es la conductividad de la madera y por lo tanto tal es su humedad.

Fig 12 ALMEMO © FHA 636 MF



Rango de medida	7 a 30% humedad en masa
Error absoluto	±1%
Temperatura operacional	0 a 60°C
Señal	0 a 2V

Fuente: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1636.pdf>

3. ACTUADORES

Son aquellos dispositivos que interfieren en el medio exterior, actúan sobre él en el caso en que este no nos sea favorable para corregirlo y mantener las condiciones deseadas. No siempre consisten mantener el confort y habitabilidad, -No necesariamente el nuestro, sino también, por ejemplo el de unas levaduras encargadas de la producción de cerveza- puede darse el caso de que las condiciones óptima radiquen en evitar ese confort como en el caso de invasión de insectos.

Convierten una magnitud eléctrica en otro tipo de magnitud, procesable gracias a los acondicionadores de señal, en otro tipo magnitud - mecánica, térmica o eléctrica- realizando en este sentido un proceso inverso a los sensores, y como estos, pueden ser dirigidos por señales analógicas o digitales⁹. Los segundos son los más comunes por ser los más sencillos de programar, únicamente tienen dos opciones: 0 o 1, todo o nada, Presencia o No presencia. Sin embargo si la actuación es variable en función de un cierto parámetro y no reacciona únicamente a su presencia sino también a su magnitud, estas señales serán analógicas puesto que es necesario una fuente continua de información eléctrica -señales cuyo voltaje varía infinitamente entre V_{max} y V_{min} -

Independientemente del sensor utilizado, todos los actuadores acoplados a ellos se pueden dividir de acuerdo a la siguiente clasificación

3.1. RELÉ

Consisten en conmutadores eléctricos que permiten contactar otros circuitos de potencia más elevada¹⁰. Son solenoides atravesados por una corriente continua que, al pasar a través de la bobina magnetiza un núcleo de hierro y atrae el interruptor, abriendo y cerrando circuitos. Únicamente se diferencian de los interruptores automáticos (PIA) de una instalación eléctrica común en el fin para el cual han sido diseñados, puesto que, en este caso, activan procesos automáticamente en lugar de detenerlos.



Fig 17. Mecanismo 5WG1 525-2AB01

Se trata de un relé contactor de 4 aparatos para incluir en los carriles DIN del Cuadro de Mando y Protección. Es de accionamiento manual e incluye una conexión para bus de datos.

Alimentación	230 V AC
Intensidad admisible	16 A
Temperatura nominal	-5 a 45 °C (5 a 93% HR)
Dimensiones	55x90x92mm
Elementos control	2 LED
Consumo	4 a 20mA

Fuente: <http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf>

3.2. REGULADORES O DIMMERS

Aquellos dispositivos basados en semiconductores que regulan la potencia de una carga en función de la señal recibida¹¹. El ejemplo más claro consiste en regular la intensidad de lámparas bombillas y luminarias.

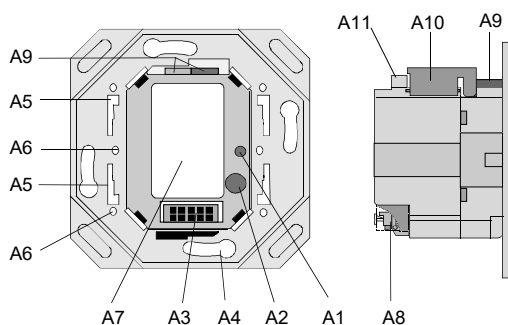


Fig 18. Regulador Siemens 5WG1 525-2AB01

Consiste en un regulador de iluminación (lámparas halógenas) empotrable en las cajas de mecanismos de hasta Ø60mm. Incorpora un acoplador de bus EIB y la posibilidad de conectar pulsadores simples, dobles o cuádruples.

<i>Alimentación</i>	230 V AC
<i>Intensidad admisible</i>	1.1 A
<i>Temperatura nominal</i>	-5 a 45 °C (5 a 93% HR)
<i>Dimensiones</i>	71x71x39
<i>Luminarias</i>	Hasta 250 W
<i>Peso</i>	80g

3.3. ELECTROVÁLVULAS

Válvulas y llaves de corte que son gobernadas por una señal eléctrica externa. Son utilizadas principalmente para regular los caudales de los líquidos o gases -agua, gas natural, vapor, etc.- que acometen al edificio y pueden ser tanto analógicas como binarias o digitales.

En ese caso serán de paso variable las primeras -o servoválvulas- o de todo o nada -corte de suministro de gas en caso de peligro- las segundas. Se incluye también las electroválvulas que controlan sistemas hidráulicos de apertura de ventanales inaccesibles. -Las situadas en un lucernario de un gran espacio como un teatro o un clautro cubierto-



Fig 19 y 19.1 Actuador Siemens SSA31 y Valvula VAI60.15-15

Se trata de una electroválvula que regula la entrada de agua en un radiador, controlada a su vez por el sistema domótico para optimizar el consumo de energía. En este caso se ordenan por separado, la válvula como elemento de corte por un lado, y el dispositivo electrónico por otro.

<i>Válvula:</i>	latón. Ø26mm / 15m ³ /h
<i>Temperatura agua:</i>	Hasta 120°C (5 bar)
<i>Actuador voltaje:</i>	230 V (50Hz)
<i>Consumo:</i>	6 VA
<i>Fuerza nominal:</i>	100 N
<i>Temperatura operacional</i>	1 a 50°C (5 a 85% HR)
<i>Peso:</i>	400g.

Fuente: <http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf>

11 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *op. cit* pp 53

3.4. MOTORES ELÉCTRICOS

Los más comunes, aquellos aparatos que convierten la energía eléctrica en un movimiento útil. Suelen ser de corriente continua para relacionar la variación de tensión con la variación de velocidad del motor. Por otra parte, o bien requieren de una fuente de corriente continua externa o bien requieren de un transformador para poder conectarlos a la red.

Los motores de corriente alterna carecen de ese problema ya que pueden ser conectados a la red y controlan la velocidad del movimiento ajustando la frecuencia de la tensión de alimentación.

Algunos ejemplos son ventiladores, electrobombas, posicionadores de elementos

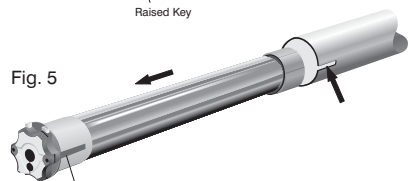
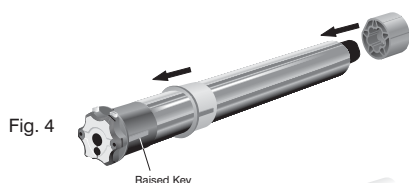


Fig 20. Motor Somfy LT 50

Se trata de un motor eléctrico alimentado por la red a las órdenes del sistema domótico que, en este caso regula la entrada de luz natural en la estancia.

Alimentación: 230V - 50Hz
Frecuencia: 433,42 MHz
Tipo de cable : VVF
Índice de protección : IP 44

Fuente: <https://www.somfy.es/productos/1032049/lt-wt>

-persianas, toldos, cerramientos, etc.

4. INFRAESTRUCTURA

Es todo el aparataje que transmite tanto las señales eléctricas como las señales de datos hasta el sistema de control, así como el que mantiene la tensión adecuada. Es decir, todo el cableado tanto de datos como eléctrico, aunque actualmente también se pueden transmitir los datos de manera inalámbrica, con lo cual se englobarían los dispositivos que envían los datos por radiofrecuencia o *wifi*, como por ejemplo como teléfonos móviles.

Limitándonos a los sistemas más comunes hasta hoy, es decir a los sistemas basados en cableado. Existen varias topologías, en función de la conectividad de los elementos

4.1. TOPOLOGÍA EN BUS O DISTRIBUIDA

Se caracteriza por un medio de transmisión común a cada uno de los elementos que recorre toda la instalación, es decir, un cable conectado a todos los aparatos recoge o entrega información en función de si son sensores o actuadores: Dicho cable – Línea de bus- parte de la unidad de la unidad de control y se va ramificando en cada sensor o actuador.

Sistemas de cable único: Estos sistemas reciben tanto la tensión de alimentación como la información mediante un único cable, su ventaja radica en el evidente ahorro al no duplicar la instalación y poder aprovechar la infraestructura eléctrica ya existente. Sin embargo entre sus limitaciones aparece la escasa velocidad de transmisión. Esta topología reduce la cantidad de cable, sin embargo un cortocircuito puede producir la caída de todo el sistema o un atasco de información, además cualquier interferencia provocaría una falsa lectura y la activación aleatoria de los procesos.

Se utiliza en instalaciones de pequeño tamaño, de reducido número de puntos a controlar y cuando la velocidad no es un factor muy importante. El sistema X-10 está basado en esta tecnología, donde la corriente eléctrica también es portadora de información.

Sistema de cableado doble: En este caso se colocan, todo el cableado de datos por una parte, y el cableado de eléctrico para los dispositivos que requieran corriente por la otra. Se consigue una mayor rapidez de comunicación a costa de duplicar las conexiones. El estándar europeo EIB funciona de esta manera.



Fig 21. Esquema de instalación de cableado único, por un lado transcurre la instalación eléctrica y con ella la información de la instalación domótica.

Fuente: <http://www.tundra-it.com/raspberry-pi-uso-de-rele-y-detector-de-movimiento/>

4.2. TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

Es la topología donde cada dispositivo se comunica con la unidad de control directamente, es decir, del procesador de datos parte un cable que transmite la información hasta cada sensor o actuador del sistema domótico. Evidentemente necesita una gran cantidad de cableado en comparación con el anterior, sin embargo es mucho más preciso, al permitir fraccionar el sistema aparato a aparato en caso de averías, multiplica la velocidad de circulación de información y la seguridad de funcionamiento, ya que no depende de un único cable de conexión como es el bus central del sistema anterior, lo que aumenta considerablemente la redundancia, además es fácilmente ampliable.

Actualmente, dado el auge de las telecomunicaciones inalámbricas sobre todo el sistema wifi, esta topología ha evolucionado para evitar los cables y transmitir todos los datos de manera inalámbrica. Así se asegura la máxima flexibilidad y un ahorro de costes, puesto que el tendido y la longitud lineal de cable ya no es un problema a tener en cuenta. La tecnología Zigbee es un buen ejemplo de ello.

Mixta bus-estrella¹²: Se da cuando el sistema abarca todo un edificio, son varias estrellas, por ejemplo una cada planta, conectadas por un bus central en el montante de electricidad.

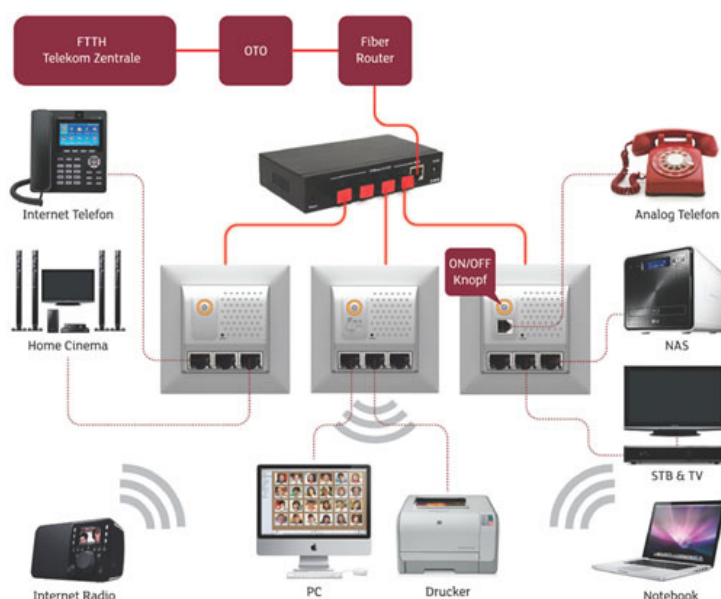


Fig 22. Esquema de una distribución de aparatos domésticos en estrella. Un modem central se comunica con los puertos de datos con cable y estos a su vez con los aparatos. Aquellos dispositivos que dispongan de wifi como los ordenadores se podrán comunicar de ese modo con el sistema siendo híbrido cable-wifi.

Fuente: <https://www.casadomo.com/comunicaciones/i-congreso-ei-hogar-inteilgente-con-fop-y-digitalstrom#>

12 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *op. cit* pp 59

5. UNIDAD DE CONTROL

El aparato que gestiona toda la instalación, a este aparato acometen los sensores que vuelcan su información y coordina las señales que envía a los actuadores. Estas señales concuerdan con la programación del usuario a través de su interfaz, como puede ser una pantalla táctil o una botonera. Por otra parte, la recepción de la información también implica su envío a otra ubicación, ya sea para su tratamiento final, su almacenamiento como copia de seguridad o cualquier otra circunstancia. Este proceso es muy importante a la hora de reunir datos dispersos.

Sistemas centralizados: En este caso la única unidad de control está colocada en un solo dispositivo y este ejecuta la programación para toda la instalación. Es propio de los sistemas en estrella con las ventajas antes mencionadas, aunque en caso de fallo inutiliza todo el sistema.

Sistemas distribuidos: Es más complejo que el anterior puesto que no existe un único control sino varios, el sistema de control se descentraliza y se alberga cada parte en un dispositivo, y aunque la programación se vuelve algo farragosa al tener que realizarla en cada componente individual, permite unas instalaciones mucho más flexibles e independientes. Deberá existir un protocolo de comunicación entre las diferentes unidades de control¹³. Una vez descentralizada la unidad de control, cada parte puede encargarse de una función específica sin perjudicar al resto en caso de fallo, como por ejemplo la ejecución de micro y macrorrutinas, la detección de presencia o el control lumínico.

Esta unidad de control está dividida en varios componentes con diversas funciones, aunque actualmente están todos unidos en un único microprocesador.

5.1. ENTRADAS Y SALIDAS. PUERTOS DE DATOS

Toda unidad de control está definida por el tamaño máximo de la instalación que puede gobernar, esto es el número de entradas y salidas que puede conectar y manejar simultáneamente, estas pueden ser de dos tipos principalmente.

Entradas y salidas digitales: Permiten la conexión con sensores o actuadores que emitan señales binarias, este tipo de dispositivos detecta la presencia o no presencia de un elemento, en el caso de las entradas, o una orden en el caso de las salidas. En este último caso es muy importante conocer la potencia máxima de los actuadores puesto que puede ser necesario conectar un relé. Las unidades de entrada pueden ser 4, 8 o 16 con unos voltajes de 0-5 o 0-24 Vcc en corriente continua o 0-220 Vac en corriente alterna.

Entradas y salidas analógicas: Permiten conectar sensores que proporcionan señales analógicas, como fotorresistores LDR. Las habituales varían entre 0-5 o 0-10 Vcc o 0-20mA a 4-20mA en el caso de que midan voltajes o intensidades. Las salidas analógicas son mucho menos comunes ya que la mayoría de los aparatos ya son digitales hoy en día.

13 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *op. cit* pp 61

5.2. HARDWARE DE PROCESO DE DATOS Y DE RELACIÓN CON EL USUARIO

El hardware de proceso de datos es el cerebro del sistema en cuanto al tratamiento de los datos se refiere, se pueden diferenciar varios tipos de procesadores

Centrales microprocesadoras: Son muy sencillas de instalar pero muy difíciles de expandir, realizan las tareas más sencillas como luces o calefacción por una parte o detección de escapes de gas o de intrusos por la otra. Sin embargo no son capaces de digitalizar imágenes de video.

Ordenadores: Un avance respecto de los anteriores, ya que disponen de microprocesadores más potentes, posibilitan el almacenamiento masivo de datos y poseen tarjetas para todo tipo de señales.

Sistemas embebidos: Sistemas que van en un todo en uno, una placa base con un microcontrolador y los sensores y actuadores necesarios. Son característicos de los electrodomésticos.

Autómatas programables: Son básicos en la industria ya que aunque tenga poca capacidad computacional son idóneos para hacer su trabajo e informar y acatar órdenes de sistemas superiores.

Por otro lado el hardware de relación con el usuario, los interfaces y botoneras, son fundamentales ya que es la parte que se encarga de transmitir nuestras órdenes al sistema, permite ajustar todos los parámetros, reprogramar el sistema o actuar directamente sobre un dispositivo concreto. Suelen ser uno o varios ordenadores – consolas- encargados de aportar la información del sistema y permitir la programación mediante pantallas táctiles para posibilitar la interacción.

Programación diaria: La habitual, ordena directamente la realización de acciones

Parametrización: Se programa el sistema para reaccionar automáticamente sin intervención, por ejemplo tramos horarios de calefacción o luminosidad

Control y monitorización remota: Vía Smartphone o internet

5.3. SOFTWARE

Es un software especializado que controla a todos los elementos de hardware antes citados, actualmente se basa en el lenguaje Java para su programación, aunque puede estar configurado con los sistemas operativos ya existentes en el mercado. Suele ser muy intuitivo, diseñado para que los usuarios puedan establecer las programaciones sin dificultad, ya sea desde una pantalla de ordenador o un sistema de control empotrado.

5.4 ACONDICIONADORES DE SEÑAL

La medición realizada por un sensor basándose en fenómenos físicos, químicos o eléctricos puede ser muy dispar, su tensión de salida puede ser exponencial, puede depender de condiciones iniciales como la temperatura o la presión atmosférica, pueden darse caídas de tensión que se interpreten incorrectamente, etc. Por otra parte, dicha tensión de salida no suele ser válida para su procesamiento por el resto del sistema, en este caso necesita además ser compensada o amplificada para su posterior interpretación.

Un acondicionador de señal es el dispositivo que traduce el estímulo eléctrico de salida de un sensor, sea cual sea el fenómeno físico que lo provoque, en uno tal que pueda ser procesado por circuitos de control o por actuadores¹⁴, en definitiva, por el resto del sistema.

Son muy variados, tanto como los sensores que traducen, existen atenuadores de tensión, amplificadores, filtros de señal, convertidores –de tensión a frecuencia y viceversa o de analógico al digital y viceversa-. Pueden dividirse en acondicionadores de tensión -0 a 5V, 0 a 10V- o de intensidad - 0 a 20mA, 4 a 20mA-.

Los fabricantes incluyen en sus catálogos sus propios acondicionadores de señal.

5.4.1 *Divisores de tensión mediante resistencias*

Emplean directamente la Ley de Ohm, son los acondicionadores más simples empleados en los sensores más sencillos, sobre todo los resistivos.

Consta de una resistencia conocida de valor R y un sensor resistivo -como un termistor NTC- conectados en serie, de tal manera que la tensión de corriente varía conforme lo hace el termistor, ya que es la única variable que no se conoce. ($V = R \times I$)

5.4.2 *Puente De Wheatstone*

Este circuito es utilizado para medir las variaciones, no los parámetros en sí.

Es una variante más compleja que el anterior, está formado por dos divisores conectados en paralelo, es decir, cuatro resistencias de las cuales tres son conocidas y la restante es el sensor resistivo .

El circuito busca el equilibrio de todas sus resistencias: Al ser alimentado por una tensión conocida su salida será nula, al estar las 4 resistencias en equilibrio, en el caso de que varíe el valor de salida del sensor, ya no hay equilibrio y aparece una tensión de salida, proporcional a la variación. El caso de un termistor en la siguiente página es un ejemplo claro:

$$R_x = \frac{R_1 \times R_3}{R_2}$$

14 SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op. cit.* Ed Copyright 2010 pp 12

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Si taramos las tres resistencias conocidas R_1 , R_2 y $R_3 = R_{\text{term}}$ a 25°C por ejemplo, se cumple que $(R_1 / R_2) = (R_{\text{term}} / R_3)$, únicamente para $T=25^\circ\text{C}$, ya que todas las resistencias son iguales y hay equilibrio, en este caso 1.

En el momento en que varíe la temperatura también lo hará R_{term} y se romperá el equilibrio, con lo cual habrá tensión de salida.

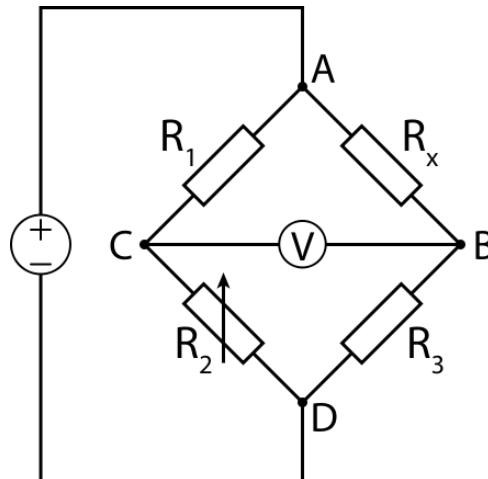


Fig. 13: Esquema de un puente de Wheatstone: R_1 , R_2 y R_3 son conocidas, R_x es el valor del sensor resistivo. Si la relación entre resistencias se mantiene estable no circulará ningún voltaje entre los puntos B y C. Será detectado por el voltímetro en cuanto lo haga.

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AWheatstone_Bridge.svg

5.4.3 Transistores

Son la base de todos los aparatos electrónicos, pueden trabajar como amplificadores de señal, o conmutadores electrónicos, siendo muy versátiles para casi cada tipo de sensor, ya sean resistivos, capacitivos, electromagnéticos, piezoeléctricos.

Son circuitos mucho más complicados que los anteriores que trabajaban únicamente con resistencias, sin embargo la ventaja es que estos acondicionadores pueden trabajar con todo tipo de sensores.

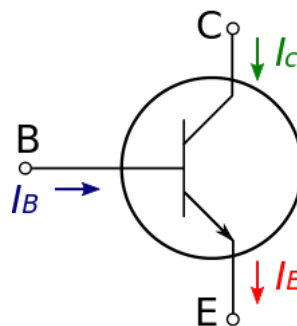


Fig. 14 (Izda) Diferentes tipos de transistores. Fig 14.1 (Dcha) Símbolo electrónico

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

5.5 AMPLIFICADORES OPERACIONALES Y CONVERTIDORES ANALÓGICO-DIGITALES

Los primeros, los amplificadores, son utilizados de la misma forma que los transistores, es decir como amplificadores de señal y conmutadores electrónicos¹⁵. Trabajan con el factor de impedancia – La oposición que ofrece un circuito al paso de corriente a través de él, es el equivalente de resistencia en CA–. Presentan una impedancia de entrada muy alta y una de salida muy baja, ofreciendo un rango de variación que facilita mucho su uso como acondicionador de señal.

Los segundos son dispositivos y circuitos electrónicos diseñados para convertir señales analógicas, parámetros de tensión e intensidad, en señales digitales, código binario, para poder ser procesadas. Se procesan las posibles tensiones de salida para establecer una única relación mV-bit de tal manera que esta sea biunívoca entre ambos. En este caso juega un papel importante la resolución del sensor al estar convirtiendo los infinitos valores de tensión en 0 y 1, por lo que se debe acotar muy bien que error tiene dicha relación. Por ejemplo si para $V= 0$ el código es 00, para $V= 0,015$ el código binario es ¿00? ¿01?

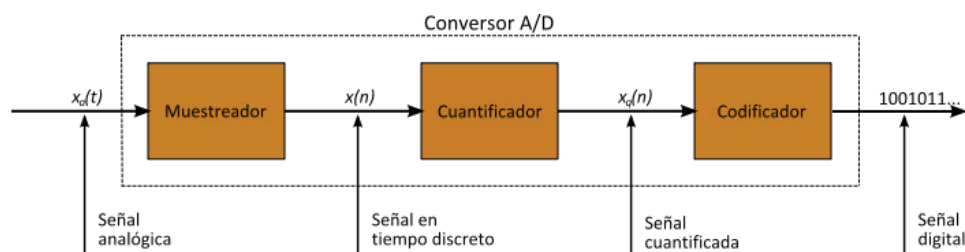


Fig 15. Proceso de codificación de una señal analógica a digital.

Fuente : https://es.wikipedia.org/wiki/Convertor_de_se%C3%B1al_anal%C3%B3gica_a_digital#/media/File:Convertor_AD.svg
<https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

5.6 MICROCONTROLADORES

Son los acondicionadores de señal por excelencia, muy versátiles y económicos. Incorporan líneas de entrada y salida digitales o analógicas, de tal manera que pueden recibir las señales de todos los tipos anteriores, puentes de resistencias o transistores, y convertir las señales de un tipo en el otro por medio de convertidores de señal analógico-digitales.

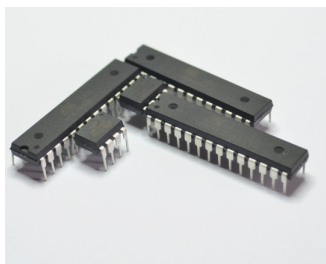


Fig. 16: Microcontroladores

Fuente: <https://hardwarehackingmx.files.wordpress.com/2014/01/atm001.png?w=585&h=483>

6. ESTÁNDARES Y SISTEMAS. MARCAS.

En este apartado se recopilan los principales sistemas domóticos existentes, se tratarán y especificarán los sistemas propietarios, -aquellos ligados a una marca- y en menor medida aquellos sistemas no asociados a ninguna marca, aunque por razones obvias se limitarán a un breve resumen de lo actualmente existente.

6.1. SISTEMA X-10

Es un protocolo de transmisión de datos, actualmente es uno de los más antiguos del mercado¹⁶. Fue creado en Escocia a mediados de los años 70, diseñado para transmitir datos a través de las líneas eléctricas de baja tensión y trasmite a baja velocidad -60bps en USA y 50bps en Europa-. Esto permitía no tender nuevas redes de cableado a la hora de conectar dispositivos entre sí.

Es un protocolo abierto, es decir, no es propietario y cualquier empresa puede producir y comercializar dispositivos X-10, aunque tengan que pagar *royalties*, estos son muy bajos. Actualmente es la tecnología más asequible para instalaciones pequeñas gracias a su madurez en el mercado (más de 20 años). Como características esenciales se pueden describir las siguientes¹⁷:

Es un sistema domótica descentralizado, cualquier dispositivo puede emitir o recibir información

Capacidad de hasta 256 dispositivos

Ancho de banda escaso, reconfigurable y apto para viviendas unifamiliares

Flexible y ampliable.



Fig 23. Logotipo del sistema X-10 en el mercado. Fig 24. Logotipo del sistema adaptado a una de las empresas asociadas a esta tecnología

Fuente Fig 23: <http://www.x10europe.com/pdf/CM11E.pdf>

Fig 24: <https://homesystems.files.wordpress.com/2010/06/portada.jpg>

16 HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel; MILLAN TEJEDOR, Rammón J. : *Domótica edificios inteligentes*. Ed Copyright, 2004 pp181

17 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: op. cit pp 53

6.1.1. Funcionamiento

Se basa en la transmisión por corriente portadora PLC (Power Line Carrier) que codifica la información en la señal de corriente alterna.

Este método utiliza la modulación de ondas, para el cual se necesitan dos ondas: una onda portadora –la señal de 230V de corriente alterna y 50Hz- y una onda moduladora –señal de muy bajo voltaje y 120.000Hz-. La primera nos viene de la compañía eléctrica y la segunda es la que genera el protocolo X-10. Así, esta última se inserta o no se inserta en los ciclos de tensión alterna para generar un código digital basado en unos y ceros: La existencia de la señal significa uno y su ausencia significa cero¹⁸.

La señal de 50 Hz alimenta los dispositivos y la señal de 120 KHz se filtra e informa a los receptores. Estos atienden a los pasos por cero de la función de la tensión para detectar las ráfagas -120 KHz y 1ms de duración- por semilongitud de onda. Por lo tanto la velocidad de transmisión viene impuesta por la compañía eléctrica a 50bps en Europa y 60bps en EEUU.

Por otra parte la señal se envía dos veces¹⁹, en primer lugar para enviar el mensaje y en segundo lugar para confirmarlo. Cada paquete de información contiene 11 pulsos, que repetidos hacen 22 cada vez que se transmite información de esta manera.

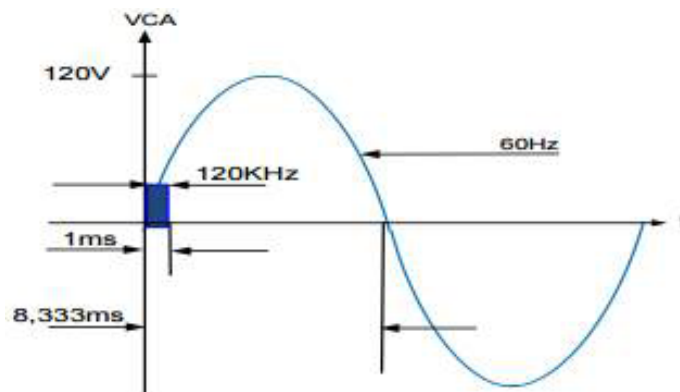


Fig 25 Ejemplo de transmisión de una señal binaria en 60Hz: En la función de la corriente alterna se ha insertado una frecuencia mucho mayor de 120KHz que será interpretado como "1".

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos105/protocolo-comunicacion-x-10/protocolo-comunicacion-x-10.shtml>

18 y 19 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *op. cit* pp 53

6.1.2. **Dispositivos**

Los dispositivos habituales de una red X-10 no difieren en nada de los de una red domótica convencional.

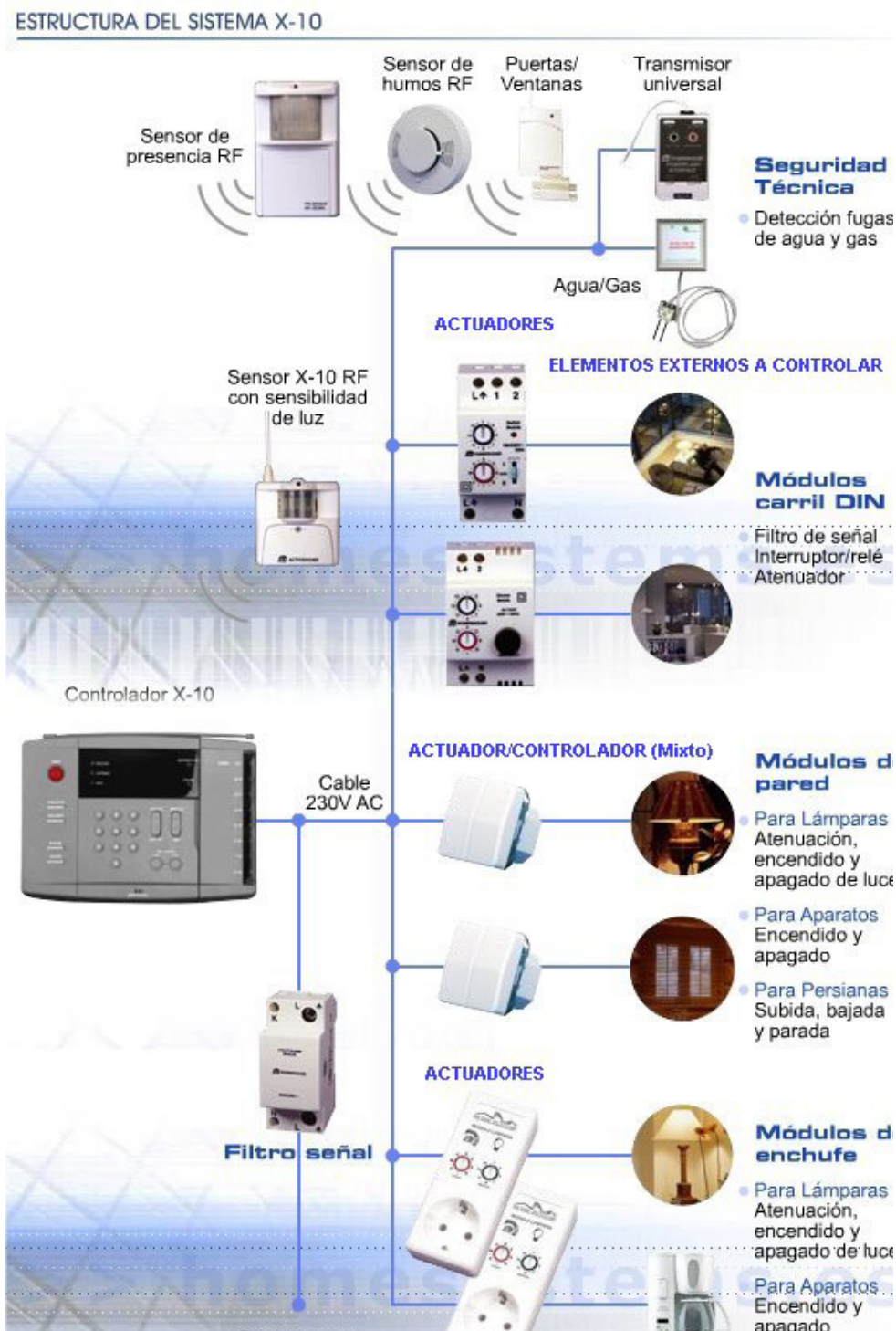


Fig. 26 Funcionamiento del sistema X-10
Fuente: <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Controlador : Es el interfaz más común entre el sistema y el PC del usuario, permite la programación de macros, -secuencias de órdenes derivadas de un único estímulo-. Se alimenta de la propia red, aunque en caso de fallo de tensión tiene una pila a modo de SAI.



Fig 27. Controlador del sistema e interfaz de usuario.

Fuente: http://www.x10europe.com/pdf/SC9000_ha.pdf

Actuadores: Son los intermediarios entre el sistema y los dispositivos que se quieren controlar, es decir, los que dirigen la acción o no acción de cada mecanismo. En función de su tipo de conexión se puede realizar una somera clasificación.

Actuadores de pared: Se conectan directamente a la toma de corriente de un enchufe común, detectan las señales X-10 que les corresponda y actúan en consecuencia, apagando, encendiendo o regulando el aparato que tengan conectado.

Actuadores de carril DIN: En este caso es un actuador para varios aparatos a la vez, como por ejemplo todos los dispositivos de un mismo tipo. Está situado en el propio Cuadro de Control, junto a los interruptores PIA. Debido a ello requiere cable adicional que enlace la caja de protección con los dispositivos.

Actuadores de casquillo: Se inserta en el casquillo de las luminarias.

Pulsadores: Simplemente reemplazan a los convencionales introduciéndoles una programación que incluya al sistema X-10. Está pensado para el control de la iluminación.

Actuadores de cable: Son exactamente iguales que los de pared, pero están diseñados para su instalación en falsos techos cerca del aparato que van a controlar.



Figs 28, 29 y 30. En el siguiente orden: Actuador de pared, de carril DIN y de casquillo

Fuente fig 28 y 29: http://www.x10europe.com/pdf/SC9000_ha.pdf
fig 30: <https://es.wikipedia.org/wiki/X10>

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Emisores: Aquellos dispositivos que generan una frecuencia de radio que es convertida en señal X-10, se corresponden con mandos a distancia, sensores de presencia, termostatos o sensores de gases por ejemplo. Pueden ser de sobremesa – botoneras- de cable –sensor a instalar en falsos techos o paredes- o micromódulos – aparatos que aúnan las funciones de emisión y actuador, situados junto al aparato que se desea controlar- en función del tipo de conexión que se realice, puesto que las funciones son muy variadas.

Filtros: Son los aparatos que tienen la misión de interceptar las perturbaciones de las señales del sistema X-10, dispositivos como ordenadores o microondas generan radiación que puede ser malinterpretadas por los aparatos conectados al sistema. También puede darse el caso de que un elemento reciba señales de un protocolo X-10 instalado en la vivienda contigua. En general se instalarán en la Caja de Protección de tal manera que no impida el paso de corriente.

Software: Aunque este sistema no requiere de ningún software adicional están disponibles en el mercado varios sistemas que permiten una interacción a través del PC, por ejemplo Active Home o HomeSeer que permiten añadir el PC a la red X-10, configurar cada elemento o programar rutinas ejecutadas automáticamente.

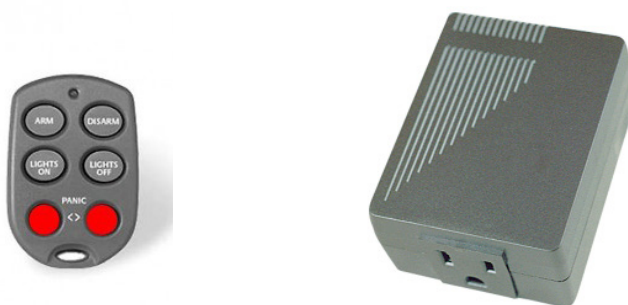


Fig 31. mando a distancia del sistema X10 y Fig 32 Filtro

Fuente Fig 31: <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

Fig 32: <http://www.smarthomeusa.com/x10-pro-plug-in-noise-filter/>

6.2. EIB (EUROPEAN INSTALLATION BUS)

Considerado como un estándar europeo, es un sistema no propietario coordinado por EIBA (European Installation Bus Association), una serie de empresas encargadas de promover la gestión técnica de edificios en Europa que cubren el 80% de la demanda. Cabe decir que en Junio de 2003 pasó a formar parte del estándar KNX, una iniciativa de EIB, BCI y EHSa para lograr una estandarización única europea capaz de competir con sistemas norteamericanos como Lonworks. Es un sistema descentralizado²⁰, realizándose la programación de cada dispositivo de manera individual. Es apropiado para cualquier tipo de edificio a partir de un determinado tamaño, cuando comienza a ser competitivo económicamente.

Al ser concebido desde su origen como sistema armónico europeo acepta gran variedad de medios de transmisión posibles²¹:

Cable bus: Principal medio de transmisión de información.

Red eléctrica de 230 V: Corrientes portadoras como el sistema X-10 en el caso de reformas complicadas

Radiofrecuencia e infrarrojos: Poco frecuentes pero disponibles.

Como consecuencia principal cabe destacar la adaptabilidad del sistema, ya que no es necesario modificarlo si se amplía. Todos los elementos comparten una única línea de bus, por lo que basta reparar o añadir el cableado pertinente. Su estandarización posibilita instalaciones mezcladas ya que todas las marcas son compatibles entre sí.

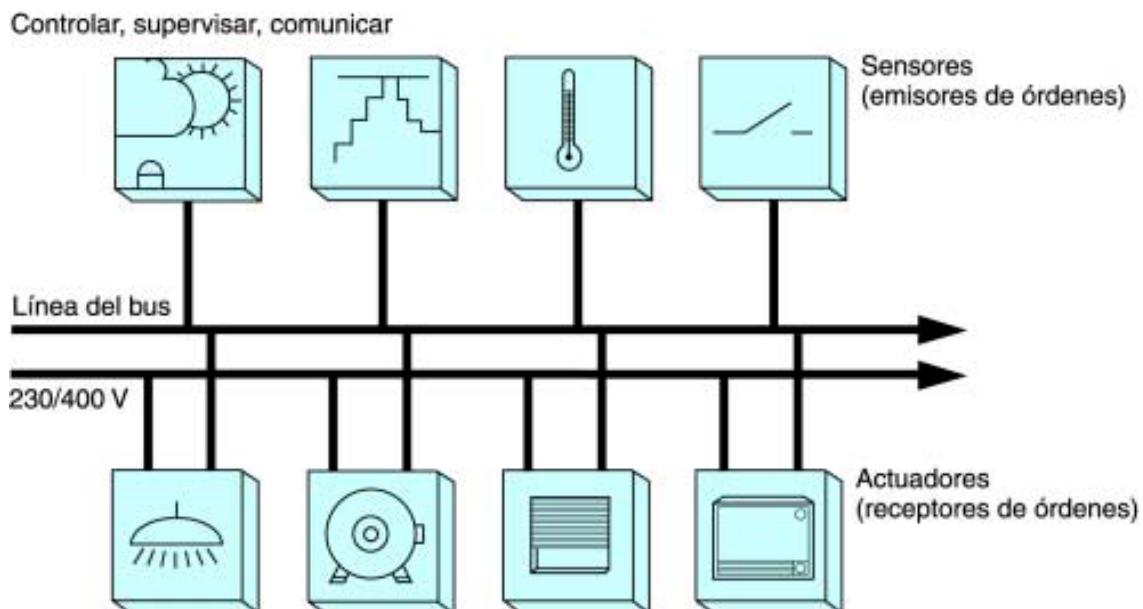


Fig 33. Esquema de funcionamiento de una red domótica basada en un esquema de bus de información

Fuente: *Catalogo Siemens* <http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf>

20 HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel; MILLAN TEJEDOR, Rammón J. : *op.cit.* pp 184

21 HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel; MILLAN TEJEDOR, Rammón J. : *op. cit.* pp 190

6.2.1. Funcionamiento del sistema

Se basa en la comunicación de información por medio físico conectando todos los elementos de la instalación: un cable trenzado con dos conductores denominado “bus de cable”. Este bus alimenta a los dispositivos con una tensión de 24 V de corriente continua y una velocidad de 9.6 kbps. – El anterior sistema alcanzaba 50bps, nótese la diferencia cuando no está limitada la velocidad de transmisión, 50 frente a 9.600 bps-

Los dispositivos están conectados mediante un “acoplador de bus” reciben y emiten órdenes, pero los actuadores solo se activan si éstos están incluidos en la orden emitida por el sensor.

La topología típica de esta instalación es jerárquica y matricial²², puede ser una única línea de transmisión o una línea común ramificada en otras más pequeñas que alimentan varios dispositivos más cada una. Cada línea tiene su fuente de alimentación y está separada de las demás para seccionar el sistema en caso de avería. En total la longitud máxima de todos los cables de la instalación no debe ser superior a 1.000m.

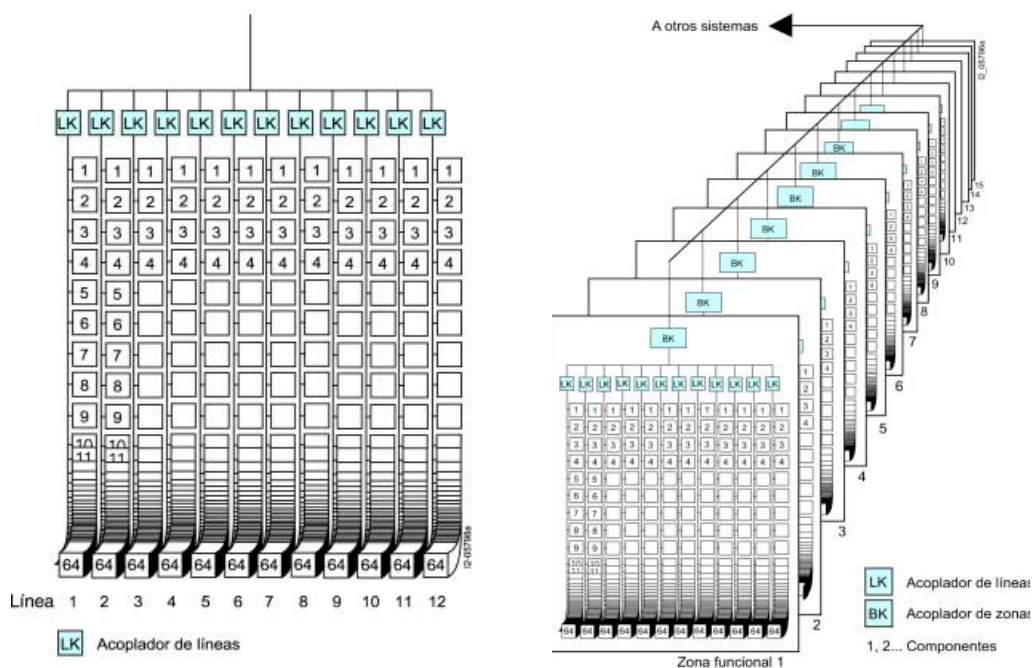


Fig 34. topología jerárquica y ramificada del sistema. Cada línea acoge hasta 64 dispositivos y cada zona acoge una serie de líneas.

Fuente: *Catalogo Siemens* <http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf>

22 ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *op. cit* pp 53

6.2.2. Dispositivos

Como en todas las instalaciones domóticas los dispositivos se corresponden con su función, en este caso pueden ser dispositivos de salida, de entrada, de entrada y salida o pueden ser interfaces de dispositivo.

Módulos de salida: Encargados de transformar una información de salida del bus en una acción, son los actuadores del sistema. Estos están conectados al bus a través de su acoplador y además están conectados a la red en caso de que la tensión de alimentación del bus (24V) sea insuficiente.

Módulos de entrada: Proporcionan la información al sistema, son los que recogen las señales de los interruptores mecánicos o sensores y la introducen en el bus, convertida en señal digital para realizar la acción programada.

Módulos de entrada-salida: Dispositivos universales, aceptan tanto salidas como entradas, ya sean digitales o analógicas, en función de su complejidad aceptarán más o menos y controlarán más o menos aparatos.

Interfaces: En este caso los interfaces son los llamados acopladores de bus, no solo traducen la información proveniente del canal principal para el dispositivo sino que además actúan como filtro de interferencias y mecanismo de seguridad que evita que en caso de avería esta afecte al resto del sistema. Existen acopladores de bus y acopladores de línea, en el caso de instalaciones de mayor tamaño.

Software de configuración: Se trata de un software abierto, que permite la parametrización del sistema, el acceso a las bases de datos de todos los componentes y la gestión del sistema y proyectos de instalaciones.

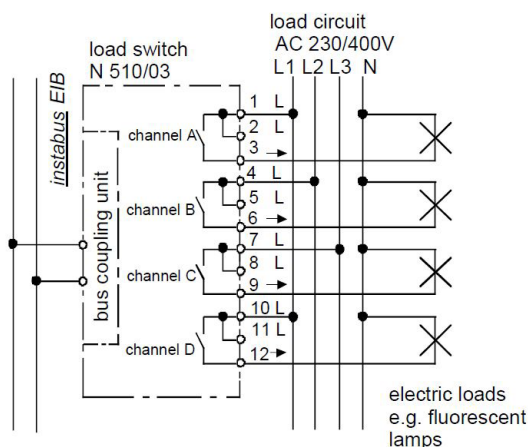


Fig 35. Esquema de un acoplador de bus en un circuito eléctrico.



Fig 36. Actuador Analógico 9690.32 Niessen

Fuente Fig 35: [Catálogo Siemens http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf](http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf)

Fuente Fig 36: [http://www.04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/f7a6b3a2f743bb54c12573640036ae6e/\\$file/9690_31_32_AAS_AAMS_es_V1-0.pdf](http://www.04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/f7a6b3a2f743bb54c12573640036ae6e/$file/9690_31_32_AAS_AAMS_es_V1-0.pdf)

6.3. LONWORKS

Fue lanzado por la compañía Echelon en 1992 como una tecnología universal, con un protocolo de transmisión de datos propietaria²³, que configura un sistema distribuido de dispositivos independientes todos interconectados entre sí, de tal manera que siempre haya más de una manera de llegar con la información de un dispositivo A a uno B.

Es un sistema mucho más extendido en Estados Unidos que en Europa – no obstante existen compañías como BJC que trabajan en España con estos dispositivos- debido a que las tecnología X-10 o EIB son muchos más sencillas y económicas. Por otra parte, está diseñado para la gestión de instalaciones de gran tamaño, con una seguridad en la transmisión y una redundancia tales que únicamente comienza a ser competitiva en instalaciones del tamaño de edificios de oficinas, hoteles o centros comerciales, aparte de las instalaciones de procesos industriales a gran escala cuyo desarrollo sale fuera de este trabajo. Así mismo, como la anterior tecnología es capaz de transmitir en una gran variedad de medios como cable coaxial o de pares trenzados, fibra óptica, corrientes portadoras o de manera inalámbrica mediante ondas de radio.

Todos los nodos son independientes y están basados en un microcontrolador denominado Neuron Chip – cuya producción e instalación aún controla Echelon, razón por la cual no han descendido los precios- con tres procesadores, y varias memorias -EEPROM,ROM, ect.- así como una adicional destinada al almacenamiento de datos y configuraciones.



Figs. 37 y 38. Logotipo LonWorks (izquierda) y Neuron Chip (Derecha)

Fuente Fig 37: <https://protocolgateway.wordpress.com/2012/01/29/lonworks-protocol/lonworks/>

Fuente Fig 38: http://es.aliexpress.com/lonworks_reviews.html

6.3.1. Funcionamiento de LongWorks

Los dispositivos de la red interactúan ente sí a través de pines de entrada/salida y transceptores, que vienen a ser acopladores de bus como en el sistema anterior ya que proporcionan la información y las ordenes entre el dispositivo y la red. Estos dispositivos están basados en una red de control y deben cumplir determinadas exigencias comunes independientemente. Cada nodo interconectado controla a los demás, esto disminuye en gran medida el mantenimiento al reducirse a casi cero la posibilidad de fallo. Además multiplica la fiabilidad y la flexibilidad del sistema para adaptarlo a múltiples situaciones. Por otra parte también multiplica su coste.

23 HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel; MILLAN TEJEDOR, Rammón J. :op.cit. pp 189

Está basado en un protocolo de actuación denominado LonTalk, un sistema de referencia OSI (Open System Interconnected) que permite enviar mensajes con una seguridad máxima (hasta 7 capas de información en una única orden) esto permite actuar sin la necesidad de conocer la topología de la red, los nombres, funciones o direcciones lógicas de otros dispositivos y soportar un alto rendimiento incluso cuando existe una alta carga de la red²⁴. Es decir, actuar en una red de bus sin jerarquía, plana en el que cada dispositivo esta en mismo nivel, sin importar si envía o recibe información. Se programan dispositivos a los que se permite ignorarlo todo acerca de las variables de entrada o salida de sus compañeros.

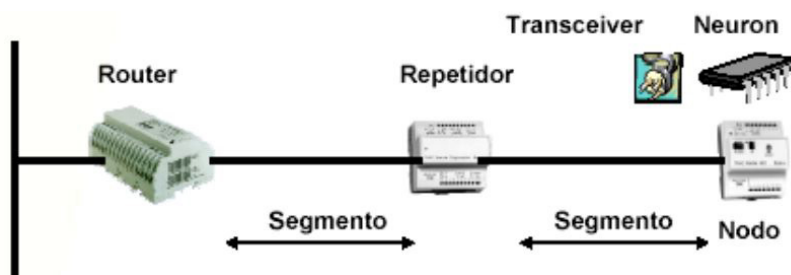


Fig 39. topología jerárquica y ramificada del sistema. Cada línea acoge hasta 64 dispositivos y cada zona acoge una serie de líneas.

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/LonWorks.pdf>

6.3.2. Productos LonWorks

Todos los productos necesarios para instalar y mantener una red LongWorks, se trata de un ejemplo del funcionamiento de este sistema basado en los microchips y la informática.

Herramientas de desarrollo: Son plataformas hardware o software para desarrollar aplicaciones para sus dispositivos; están diseñadas para programadores informáticos, permiten conectar cualquier microchip a Internet, acceder a librerías de software para programar servicios o interactuar con las redes de control de LongWorks. Entre ellas se encuentran el Node Builder, el Short Stack o el kit de desarrollo Bundle LongWorks.

Software empresarial: Una versión empresarial denominada Panoramix.

Aparatos de entrada y salida de información: Son los dispositivos que conectan en la red LongWorks los sensores y los actuadores para el funcionamiento efectivo del sistema. Existen varios tipos, aunque muy similares entre si

6.4. OTROS

En la actualidad la automatización de los edificios es aún incipiente, por lo que está surgiendo una gran variedad de nuevos sistemas de comunicación, sobre todo inalámbricos, habida cuenta las tecnologías disponibles.

Bluetooth: Comunicación a corto alcance mediante ondas de radio de baja frecuencia

HomeRF: Está basado en la idea de que la casa se conecte a internet y más tarde los dispositivos estén controlados por radiofrecuencia o un ordenador central.

IEEE1394-FireWire: Desarrollado por Apple, emplea la tecnología de bus de comunicaciones con una velocidad de 400Mbps.

IEEE 802.11: Mezcla de elementos inalámbricos y tecnología por cable a través de una WLAN, aunque debido a ello no protege de interferencias.

WRAP (Web Ready Appliances Protocol): Es una iniciativa del MIT para que los electrodomésticos se conecten a internet.

ZigBee: Son una agrupación de compañías que trabajan en redes inalámbricas fiables y de baja tasa de envío. Potencia en gran medida la seguridad de las comunicaciones.

Es el sistema que utiliza MHS y nos referiremos a él en adelante.

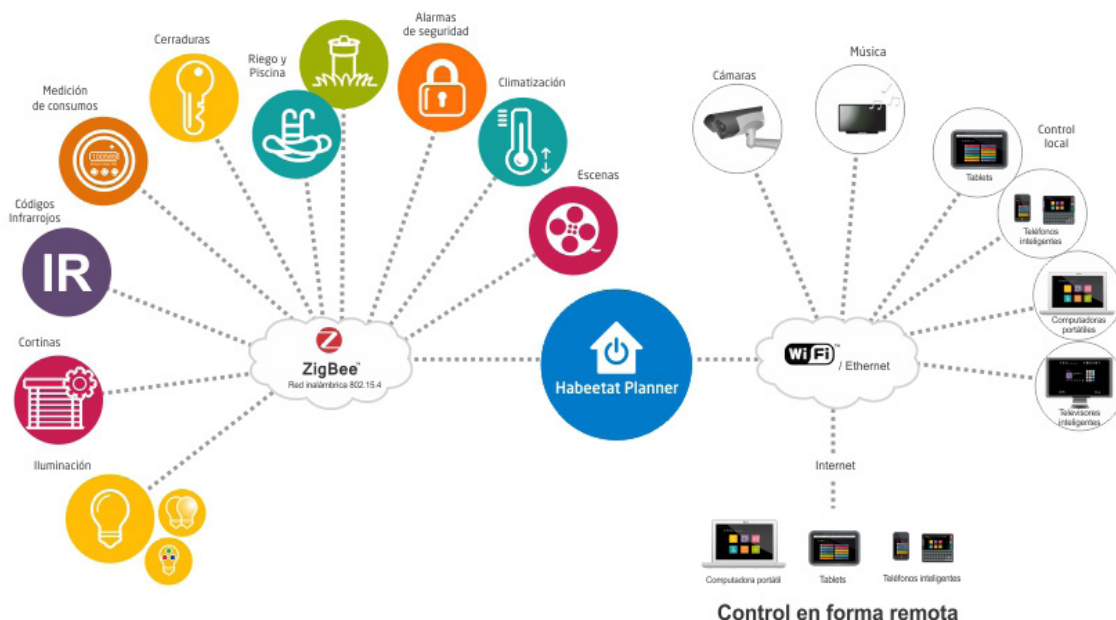


Fig. 40. Planteamiento y esquema de Funcionamiento Zigbee.

Fuente: <http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>

SEGUNDA PARTE: SISTEMA MHS. EJEMPLOS PRÁCTICOS.

Una vez presentada y explicada la tecnología que se pretende utilizar cabe esperar que reduzcamos todo el espectro posible –amplísimo, como ya se ha visto- a nuestro caso de estudio, la monitorización patrimonial.

Este Trabajo Fin de Grado se pretende centrar en el sistema MHS – Monitoring Heritage System-, iniciativa de la Fundación Santa María la Real en colaboración con Telefónica para la conservación preventiva de inmuebles y monumentos. Tiene como objetivo desarrollar aplicaciones que fomenten la conservación del monumento así como su explotación como recurso turístico para lo cual es necesario garantizar su seguridad, confort y facilidad de visita.



Fig. 41. Logotipo de la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico

Fuente: <http://www.mhsproject.com/>

7. ¿QUÉ ES MHS?

Según su propia definición colgada en su página web, MHS es:

“Un sistema de monitorización adaptado al patrimonio histórico para registrar, evaluar y controlar diversos parámetros decisivos e influyentes en la conservación del edificio con el objetivo de asegurar la sostenibilidad de su gestión así como un óptimo mantenimiento del mismo y de los bienes que alberga.”²⁵

Es un sistema que pretende detectar y posteriormente controlar los signos de deterioro en inmuebles patrimoniales, de tal manera que se evite la necesidad de financiar costosos tratamientos de restitución.

Cabe destacar la novedad de aplicar nuevas tecnologías en un ámbito hasta ahora ignorado, puesto que no es habitual preocuparse del patrimonio hasta que el daño ya está hecho y es necesario acometer obras de restauración a fin de que siga cumpliendo con su función.

²⁵ <http://www.mhsproject.com/>

7.1. LEGISLACIÓN

La protección del patrimonio cultural está regida por la Ley. En la misma **Constitución de 1978**²⁶ y además mediante la Ley 16/1985 de 25 de Junio del Patrimonio Histórico Español.

Artículo 46: Los poderes públicos garantizarán la conservación y promoverán el enriquecimiento del patrimonio histórico, cultural y artístico de los pueblos de España [...]. La ley penal sancionará los atentados contra este patrimonio.

Artículo 148.16: Otorga a las Comunidades Autónomas competencia en materia de Patrimonio

Artículo 149.28: Defensa del patrimonio cultural, artístico y monumental [...], sin perjuicio de su gestión por parte de las Comunidades Autónomas.

La Ley 16/1985 se hace eco de la protección y fomento del patrimonio mediante la declaración de Bien de Interés Cultural así como de las sanciones aplicables, posteriormente cada comunidad autónoma redactó su propia ley de patrimonio siendo Castilla y León la última en hacerlo – Ley 12/2002 de Patrimonio Cultural de Castilla y León-

Existen asimismo normativas internacionales que velan también por la preservación del patrimonio: desde la Carta de Atenas (1931) a la Carta de Cracovia (2000) han regulado la conservación patrimonial durante la mayoría del siglo pasado apoyándose en las distintas organizaciones que fueron surgiendo como la UNESCO.

“El mantenimiento y la reparación son una parte fundamental del proceso de conservación del patrimonio. Estas acciones tienen que ser organizadas con una investigación sistemática, inspección, control, seguimiento y pruebas. Hay que informar y prever el posible deterioro, y tomar las adecuadas medidas preventivas.”²⁷

Extracto de la Carta de Cracovia

²⁶ <http://www.congreso.es/consti/constitucion/indice/titulos/articulos.jsp?ini=39&fin=52&tipo=2>

²⁷ http://ipce.mcu.es/pdfs/2000_Carta_Cracovia.pdf

7.2. DESARROLLO DE UN PROYECTO

El desarrollo del proyecto MHS se divide en varias etapas: en primer lugar se comienza, como es lógico, con un estudio previo del edificio, para conocer su estado, sus patologías propias y las características de los parámetros que se han de monitorizar, por lo general temperatura y humedad relativa. El siguiente paso es establecer una red de sensores, más o menos extensa, que posibilite el control de tales parámetros, por último se procede a la recogida e interpretación de los datos.



Fig. 41. Logo de MHS

Fuente: <http://www.mhsproject.com/dispositivos.php>

9.2.1. Estudio previo

Es la parte sobre la cual van a estar fundadas las demás; aquí se comienza por investigar el edificio, se documenta la época, contexto histórico-artístico, se discrimina si posee piezas de arte valiosas o no. A continuación se procede al levantamiento y trazado de planos, la búsqueda de defectos estructurales así como de patologías -tanto en el edificio en sí como en los bienes que pueda alojar-.

Esta información se utiliza para establecer el número y tipo de sensores y su posición, siendo ésta muy importante como se verá más adelante.

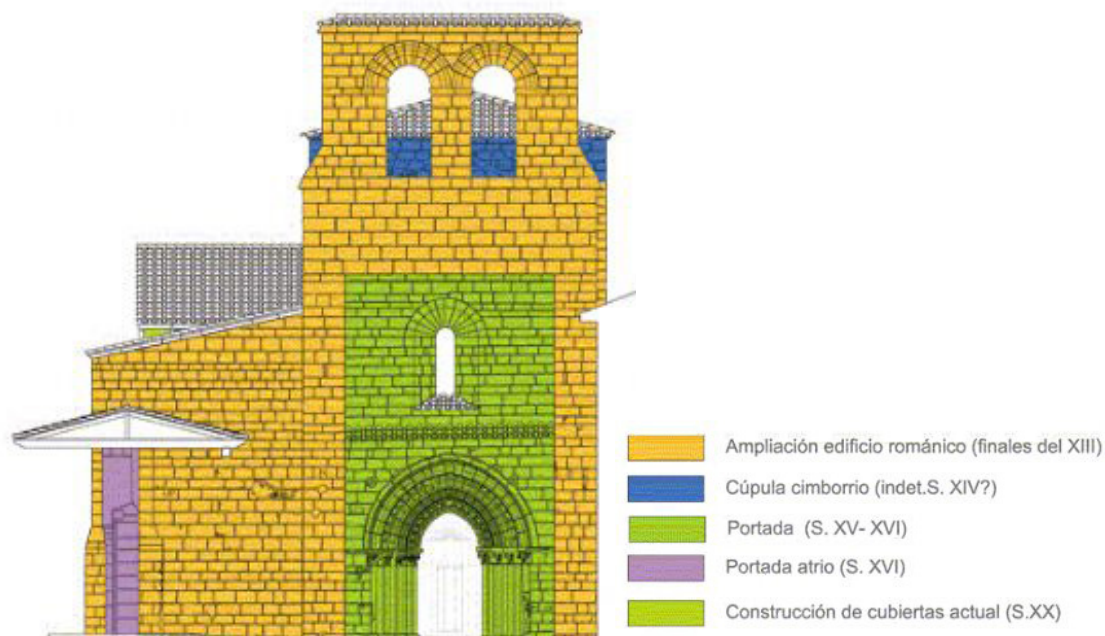


Fig. 42. Ejemplo de estudio previo: estudio de las fases constructivas de la iglesia de Santa María de Mave (Palencia)

Fuente: http://www.romaniconorte.org/imagftp/imagAux1379_3%20copia.gif

7.2.2. Monitorización

Tras el estudio previo comienza el proyecto en sí y se coloca la primera piedra, o más bien una CPU que será la unidad de control del sistema además de servir de almacenamiento local.

Estas CPU tienen limitaciones muy precisas: han de ser resistentes a temperaturas extremas puesto que es de suponer que no exista calefacción o refrigeración en estos edificios, sobre todo han de ser resistentes a la humedad a la que los equipos electrónicos son muy sensibles, que en muchos casos es excesiva. Además han de estar aislados de la suciedad, entendida como polvo presente en todo edificio.

La protección de los sensores elegidos es incluso más restrictiva que la de la CPU, dado que dicha CPU se encontrará en el interior, en la sacristía en el caso de templos, y estará razonablemente protegida, mientras que los sensores se encontrarán implantados a la intemperie o en lugares problemáticos.

Estos sensores han de ser necesariamente inalámbricos de tal manera que se evite la instalación de cableado recorriendo la mayoría del edificio, algo que indudablemente causaría un efecto visual desagradable, del mismo modo han de ser razonablemente pequeños, para poder ocultarlos de la vista convenientemente. Razones por las cuales irán encapsulados en un estuche poco menor que la palma de la mano.

Otro aspecto a tener en cuenta consiste en establecer la autonomía de estos dispositivos, puesto que al prescindir completamente de cableado tampoco pueden tener una fuente de alimentación. Por otra parte y debido tanto a la ubicación de las iglesias –rurales y dispersas en un gran área de territorio–, como de los sensores dentro de las mismas –ocultos y de difícil acceso– su mantenimiento o sustitución debería darse en ocasiones muy puntuales, por lo que un periodo de unos seis meses de batería sería razonable. Además un período tal redundaría en la eficiencia energética.



Fig. 43. Nodo MHS estuchado

Bandas de frecuencia: 900MHz ó 2.4GHz
Entradas y salidas aceptadas: Analógicas y digitales
Alimentación: 5V o 3.6V con baterías AA
Sensibilidad de recepción: Superior a -110 dBm
Dimensiones: 56x71x20 cm

Fuente: <http://www.mhsproject.com/dispositivos.php>



Fig. 44 Componentes de un nodo. Incluye la batería de alimentación, el microprocesador, los puertos para diferentes sensores y la antena de transmisión Zigbee

Fuente: <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/08/24/55d9eb2322601d265b8b4577.html>

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Por último cabe destacar la precisión con la que tales sensores envían la información. Los cambios y variaciones a los que se someta un sensor es evidente que serán acusados a lo largo del día, sin embargo no serán muy significativos en el intervalo de tiempo entre una medición y la siguiente con lo que no hay porque ser demasiado estrictos. Un 5% se considera razonable incluso dada la importancia de los bienes muebles que alojan algunos templos.

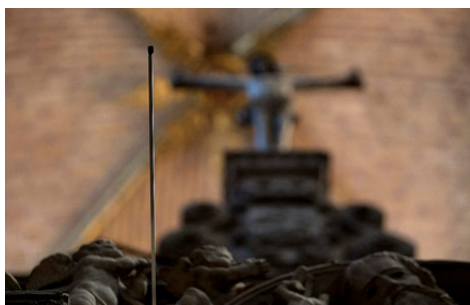


Fig. 45. Sensor colocado en la catedral de Ávila

Fuente:
<http://www.elmundo.es/ciencia/2015/08/24/55d9eb2322601d265b8b4577.html>

7.2.3 Transmisión de datos

Es la parte fundamental del sistema, habida cuenta la situación aislada de los emisores de información y la gran dispersión de ellos son necesarios varios requisitos. El primero y más importante es la seguridad en la transmisión de la información, así que se elige un sistema que prime la seguridad de comunicación de datos y no el volumen de ellos, ya que este es más bien reducido. Al enviarse datos constantemente cada paquete de ellos es pequeño.

Otra característica fundamental es que el sistema ha de ser inalámbrico, característica que nos reduce a tres posibilidades de actuación: Comunicación vía *Wifi*, vía ondas de radio y vía *Bluetooth* (infrarrojos). Este último sistema queda descartado dado el escaso nulo poder de penetración de los infrarrojos a través de los gruesos muros de piedra de un templo románico, transmitir por internet y *wifi* sería lo ideal, sin embargo en las ubicaciones rurales donde están situados los templos no existe tal posibilidad.

Únicamente nos queda transmitir por ondas de radio de telefonía móvil. El sistema que mejor reúne estas características es el sistema *Zigbee*.

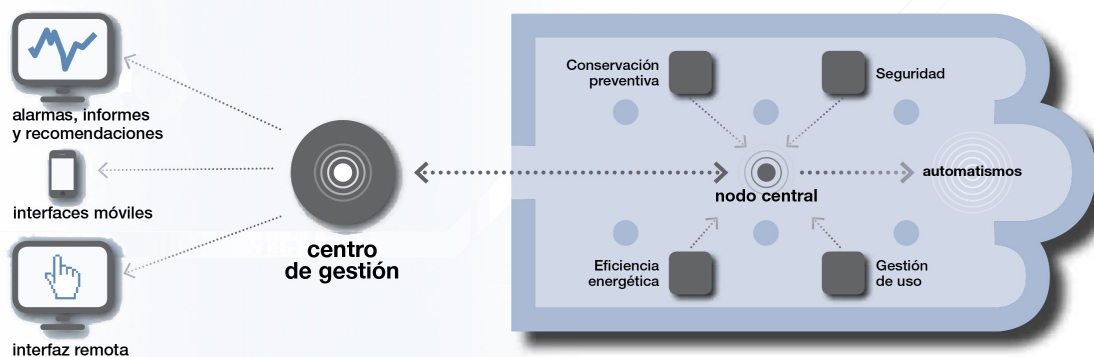


Fig 46. Esquema de funcionamiento del sistema MHS: Diversos nodos envían información a un nodo central que a su vez la envía a un centro de gestión.

Fuente: http://www.mhsproject.com/carpeta_redise%C3%B1o_v.2_3.pdf

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Todo el sistema se diseñó con topología en estrella, por su comodidad, seguridad y posible ampliación, ya que ésta es dinámica y acepta la inclusión de nuevos nodos, sensores o dispositivos de cualquier clase sin afectar al sistema, así como su retirada por avería o mantenimiento. Por una parte este sistema posibilita que cada dispositivo sea autónomo recibiendo o enviando información a través de los nodos repetidores, por la otra condiciona la posición de estos a los repetidores, puesto que la calidad de la señal decrece con la distancia, de ahí que la posición sea clave: tienen que estar colocados al mismo tiempo a unas distancias máximas -para no establecer repetidores- y en los puntos más sensibles del edificio.

7.2.4 Almacenamiento y visualización

Entre otros objetivos la transmisión remota de la información a una centralita en la sede de la Fundación cumple con el propósito de crear una copia de seguridad, por lo que pudiera pasar, ya que los robos o actos vandálicos no son inusuales. Sin embargo, la función principal reside en centralizar el almacenamiento en un único punto para su gestión. Dicha gestión es el objetivo último de todo el sistema, por lo que se ha facilitado al máximo, posibilitando la visualización vía smartphone y el registro de alarmas cuando éstos superen unos límites preestablecidos.

Por último se ha creado un servidor web restringido, el cual, en última instancia es una base de datos donde se muestran en forma de gráficas todos los datos que obtenidos de cada uno de los edificios monitorizados, cruzando los datos entre sí se puede inferir el estado del inmueble, el avance o retroceso de sus patologías – en caso de existir- manteniendo el estado de conservación del edificio en un nivel óptimo.

7.2.5 Algoritmos y alertas

El sistema, por otra parte, es en cierto modo totalmente automático y autónomo, dado el difícil acceso a según que iglesias y la gran dispersión de las mismas era una necesidad imperiosa. Esto significa que es capaz de reaccionar a cambios extremos de las condiciones ambientales, es decir, cuando estas pasan de un cierto límite se envían alarmas al centro de gestión al tiempo que se ponen en marcha ciertos motores eléctricos que permitan paliar la situación. El sistema envía la alerta y al tiempo actúa, en muchas ocasiones no es necesario ningún desplazamiento.

Además, como dichos datos se guardan y gestionan convenientemente se crean con ellos una serie de registros históricos que permiten evaluar la situación futura del inmueble:

Lo novedoso de este método consiste en la programación de algoritmos que predigan el estado futuro del objeto monitorizado.

8. EJEMLOS

8.1 IGLESIA DE SANTA MARÍA DE MAVE (PALENCIA)

8.1.1 Descripción

Santa María de Mave es una localidad del municipio de Aguilar de Campoo, en la comarca de la Montaña Palentina, al norte de la provincia, en la comunidad de Castilla y León. (LONGITUD: 42° 44' 10" N. LATITUD: 4° 16' 28" O. ALTITUD 892 m.)

La iglesia, desacralizada desde el siglo XVI, siendo lo que queda del conjunto monacal un hotel. Dicha iglesia presenta planta basilical de tres naves con tres tramos, el doble de ancha la central y cabecera triple de ábsides semicirculares, el central de mayor tamaño, precedidos por un tramo recto. El conjunto está levantado en sillería de arenisca blanda y tono rojizo. Al exterior los ábsides presentan contrafuertes, una pareja en el caso del central, que llegan hasta la altura de las ventanas, rematándose en talud y dejando paso a unas finas pilastras que alcanzan la cornisa, donde están coronados por sendas parejas de modillones decorados con acantos. Delimitan las naves tres parejas de pilares cruciformes con semicolumnas adosadas en cada frente. La portada se sitúa en el hastial y sobre él se alza la espadaña, que alberga dos vanos para campanas rematados por arcos de medio punto. El tipo de abovedamiento impide la iluminación directa de la nave central, aunque dota al conjunto de cubiertas de una extraordinaria estabilidad. Por su parte, los brazos del transepto se cubren con cañón apuntado, al igual que los tramos rectos que preceden a los ábsides, los cuales se cierran con las tradicionales bóvedas de horno.



Figs 47, 48 y 49. Iglesia de Santa María de Mave. Exterior norte (Fig 47), exterior sur (Fig 48) y nave central (Fig 49)
Fuente: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?iddoc=1084>

8.1.2 Monitorización

Este templo se convirtió en caso de estudio del programa MHS, instalándose un total de 18 sensores de temperatura y humedad en 8 puntos distintos. A partir de ese momento quedó integrado en el sistema MHS. Para ello se lleva a cabo el seguimiento de los parámetros ambientales. Además, dentro de MHS se ha introducido en este templo un sistema de apertura mediante tarjetas magnéticas, como primer paso para la configuración de un método piloto de apertura remota y controlada del edificio para su uso turístico.

En los planos siguientes (Figs 50 y 51) se detallan la posición de todos los sensores dispuestos en el templo, sin embargo para el estudio únicamente se han seleccionado 6 de ellos (los cuales aparecen sombreados), 5 interiores y 1 exterior

Punto	Parámetro/s	Ubicación
2	Temp, Humedad	(INT) Fachada norte, elevado en bóveda
4	Temp, Humedad	(INT) Cornisa norte, junto a torre
14	Temp, Humedad, Acel.	(INT) Portada (oeste), junto a ventana
15	Temp, Humedad, Presencia	(INT) Portada (oeste), junto a acceso
18	Tempe, Humedad	(EXT) Espadaña
19	Temp, Humedad, Humo	(INT) Sacristía

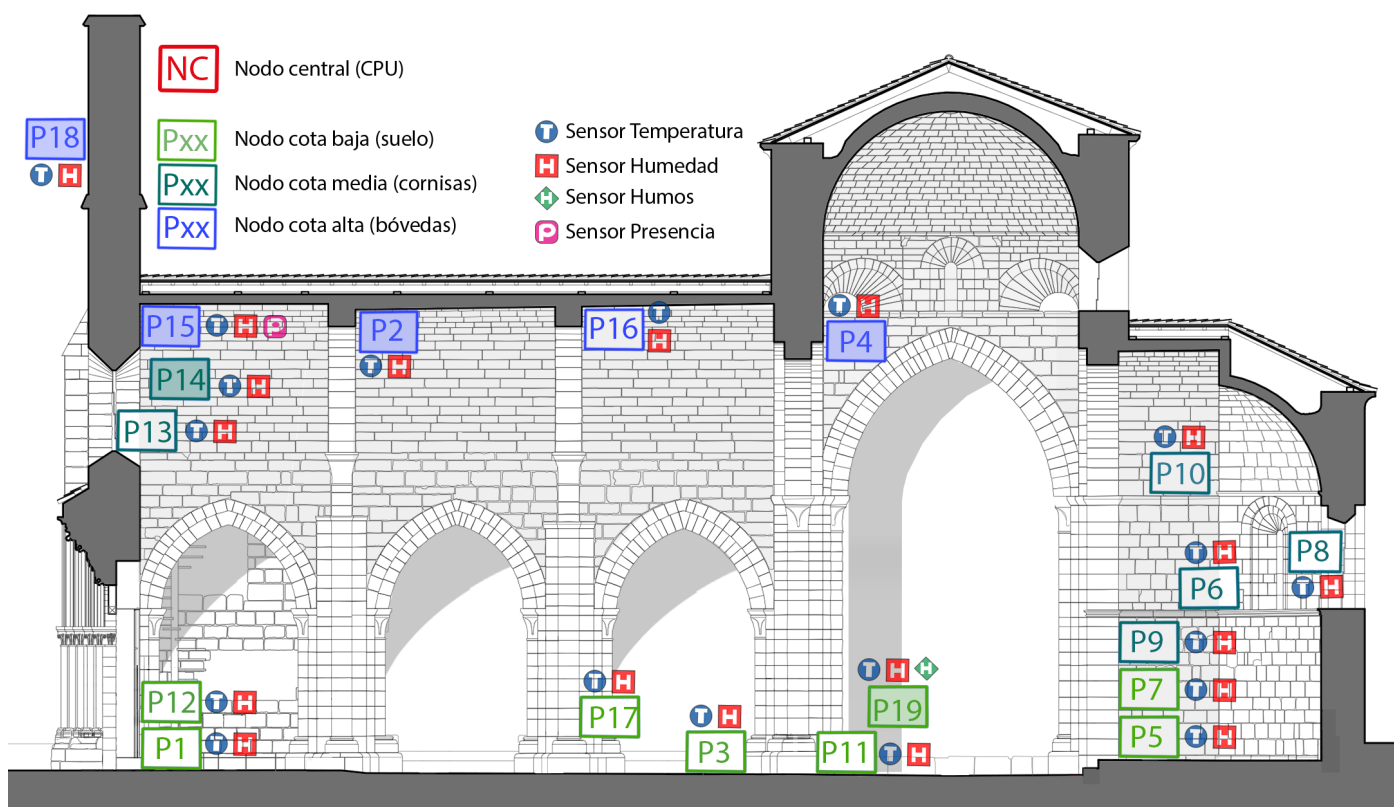


Fig 50. Iglesia de Santa María de Mave. Sección longitudinal y situación de los sensores
Fuente: Cedita por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

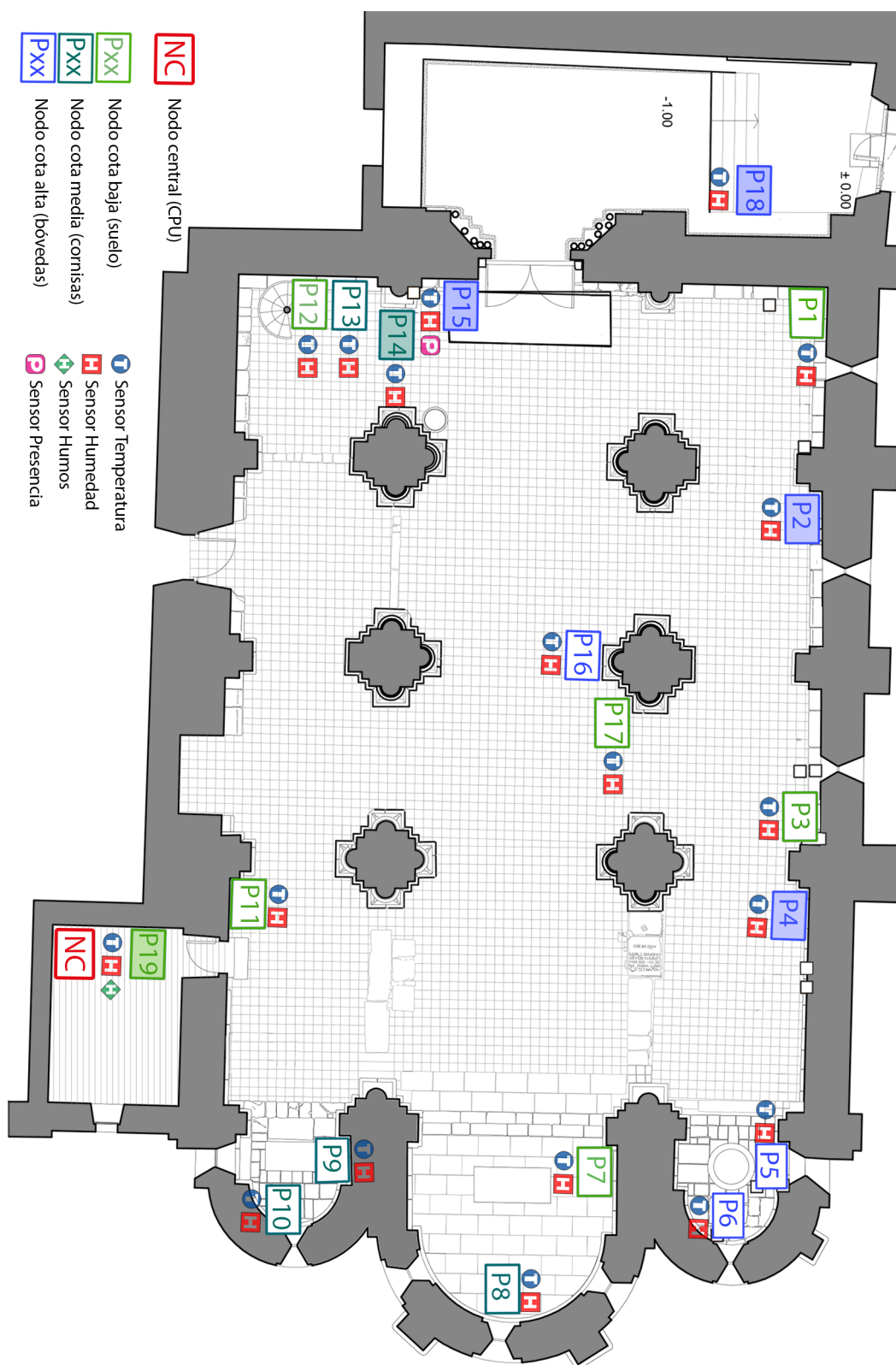


Fig 51. Iglesia de Santa María de Mave. Planta y situación de los sensores
Fuente: Cedita por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

La información que los sensores proporcionan permite realizar un estudio microclimático del interior de la iglesia. Para la realización del mismo se han utilizado los datos referentes al año 2015 completo, cabe destacar que las mediciones se han realizado en el régimen usual de utilización del edificio, esto es durante las visitas turísticas.

Los sensores han sido escogidos como los mas desfavorables tanto para el invierno - Situados en la fachada norte, la más fría-, así como para el verano -Situados en puntos altos, junto a las bóvedas los más calientes debido al calor ascendente-

Como excepción podemos destacar el sensor nº 19, ubicado en la sacristía, está situado junto al ordenador del sistema MHS el cual emite calor que detecta el sensor y aporta valores muy diferentes al resto. Y, aunque no son válidos para el estudio, es interesante observar como este hecho afecta a los valores aportados.

TEMPERATURA

En la gráfica siguiente se recogen las temperaturas en °C de los sensores escogidos, y a primera vista, se observa una gran estabilidad térmica a lo largo del año en el interior de la iglesia (puntos 2, 4, 15 y 19) que contrasta con la gran amplitud térmica exterior.

También se observa la diferencia de los tres primeros puntos (prácticamente iguales en sus mediciones) con el nº 19 (que registra el calor emitido por el ordenador). Esta diferencia se va atenuando conforme se acerca el verano, y en los meses de julio y agosto prácticamente se confunde con los demas, volviendose a separar al final del año.

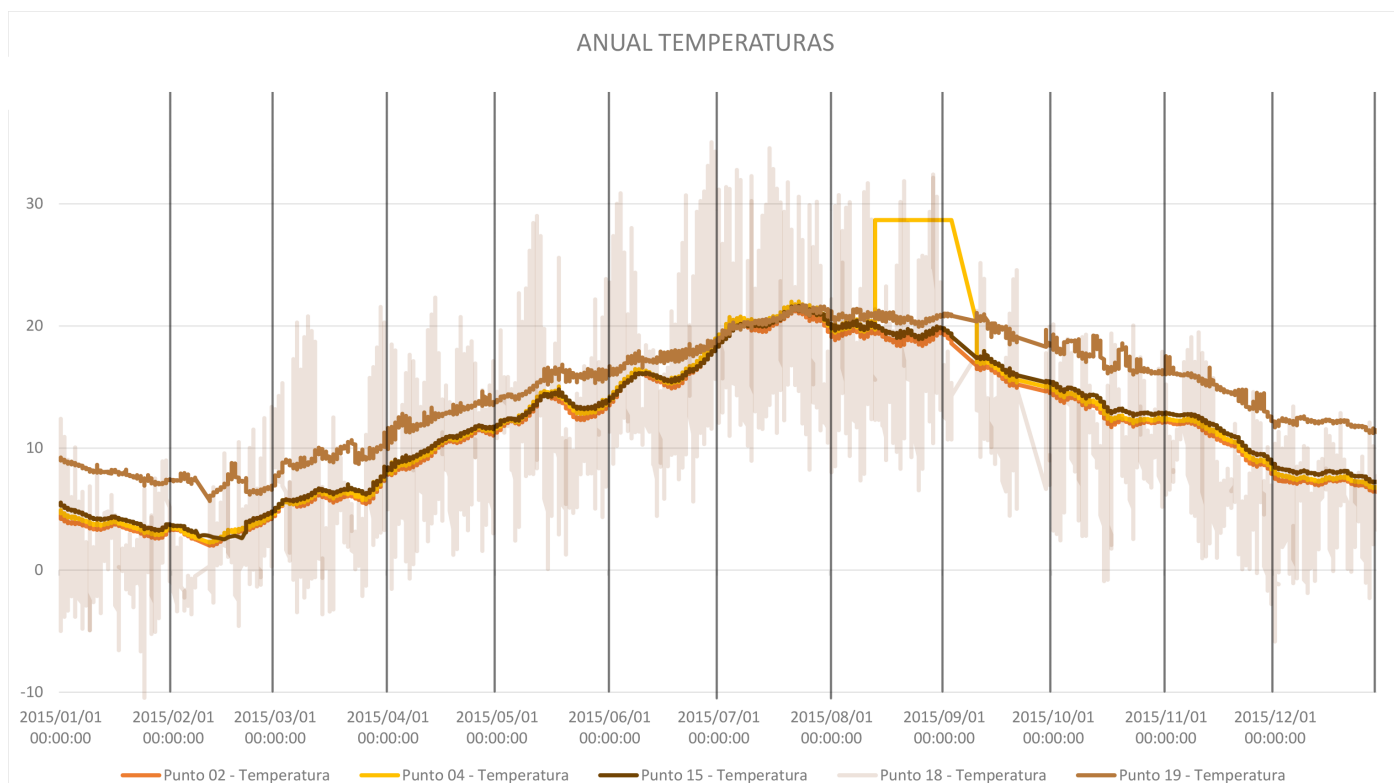


Fig 52. Gráfica de temperatura anual de la iglesia de Santa María de Mave

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Otro aspecto que destaca es el punto nº 4, el cual se “desmarca” a mediados de agosto, ofreciendo continuamente el mismo valor (28,23 °C), y vuelve a “incorporarse” a las mediones al uso a principios de Septiembre. Siendo una medida de temperatura, no es normal ni el salto tan brusco que aparece, ni el hecho de que no varíe nada durante un período de tiempo tan largo como una quincena entera. Esto se debe sin duda a una avería demostrando que este sistema no es infalible.

Los datos anuales de temperatura del año arrojan una media en el interior de 12,6°C y una oscilación térmica de 26,7°C con una mínima de 2°C -el 12 de febrero- y una máxima de 28,7°C -el 13 de agosto-. Esto contrasta enormemente con el exterior puesto que la amplitud térmica fue de 45,5°C -abarcó de -10.5°C el 24 de enero a 35°C el 29 de Junio-. Es decir, la oscilación térmica en el exterior prácticamente fue el doble que en el interior, donde nunca se llegó bajo cero a pesar de que en el exterior fueron temperaturas más o menos frecuentes hasta principios de abril.

HUMEDAD RELATIVA

El comportamiento de la humedad relativa es muy diferente al de la temperatura, ya que hay una amplitud mucho mayor, tanto en el exterior como en el interior. El comportamiento exterior de la humedad relativa abarca casi todos los percentiles gran parte del año. A pesar de que los extremos estén muy alejados entre sí -la mínima se sitúan en el 4,77% el 11 de Febrero y la máxima en el 92,5% el 7 de Noviembre con una oscilación de humedad del 87,5%- se mantiene una oscilación similar aunque algo menos pronunciada -alrededor del 70%- durante todo el año.

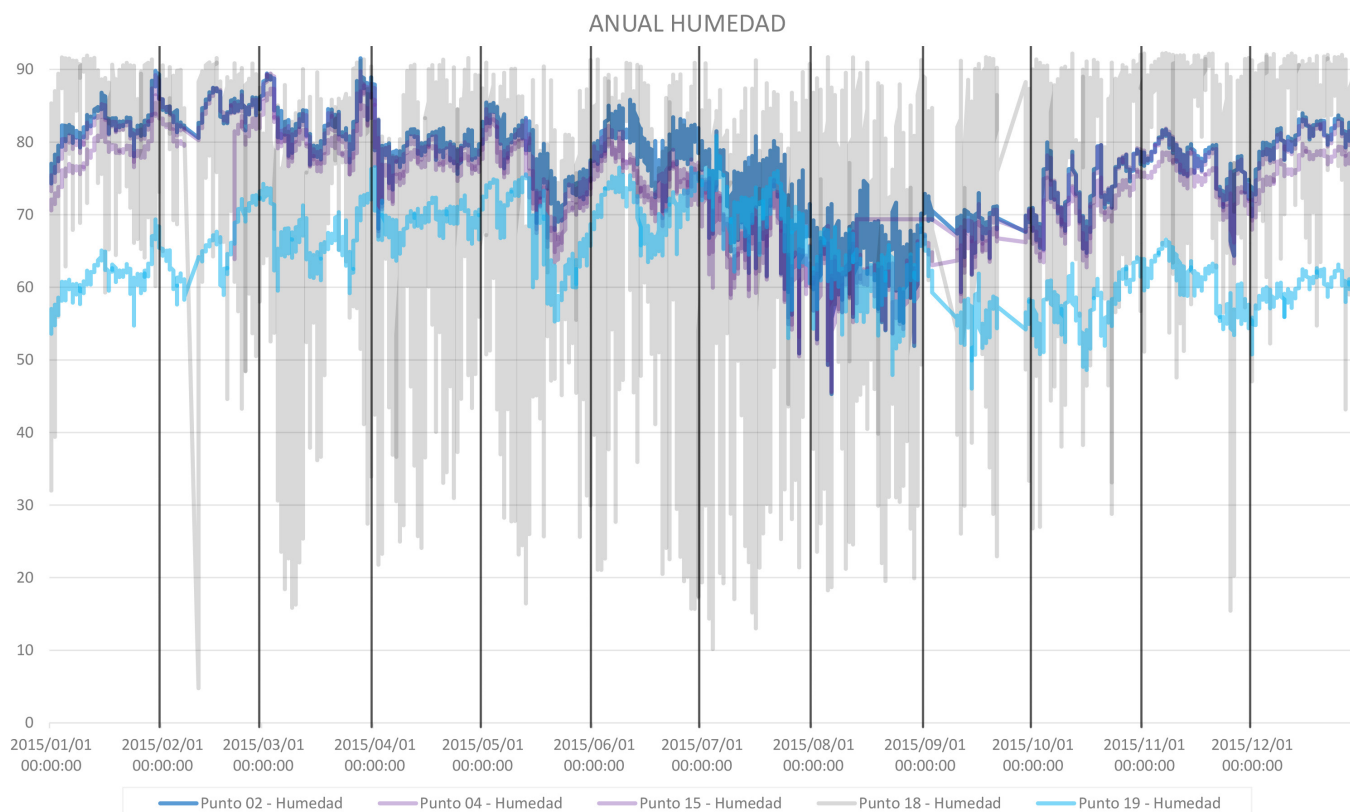


Fig 53. Gráfica de humedad relativa anual de la iglesia de Santa María de Mave

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

En el interior, ésta humedad relativa también se comporta de una manera mucho más voluble que la temperatura, si bien de una manera mucho más suave que en el exterior. En este caso cabe destacar el periodo entre Julio y Agosto, en donde todas las medidas aparecen confundidas, período que coincide con el gráfico de temperaturas, algo natural ya que están íntimamente relacionadas.

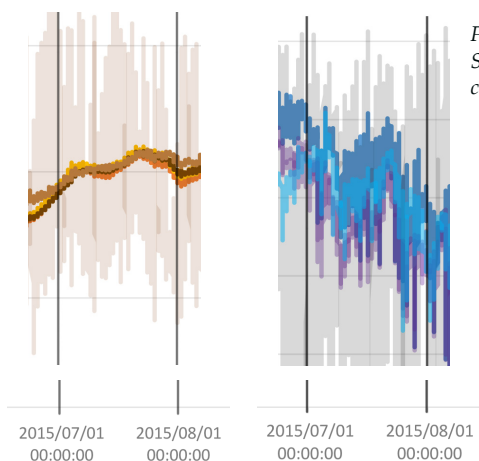


Fig 54. Comparación valores en un mismo período de tiempo. Se puede comprobar como ambas, temperatura y humedad son coincidentes en el tiempo y en las mediciones

Los datos registrados durante el año pasado nos dejan una mínima del 45,29% el 6 de Agosto y una máxima del 91,52% el 28 de Marzo. Esto significa una oscilación del 46,23%, es decir la mitad de la oscilación exterior (87,5%) pero el casi el doble que la amplitud térmica (26°C). La humedad relativa media fue elevada, se situó en el 72,72%.

Esta gran variación de humedad relativa tan diferente de la temperatura puede explicarse debido al incremento exponencial de la temperatura exterior en contraste con la interior:

En verano tanto la temperatura como la capacidad del aire de contener vapor aumentan considerablemente, por lo que la humedad relativa bajó considerablemente, menos en el interior del templo que mantiene una temperatura baja, con lo que la humedad se mantiene siempre en niveles altos, así mismo hay que añadir una presión de vapor desde el exterior a través de las carpinterías que puede introducir aire saturado en el ambiente. Por otra parte casi todos los sensores se encuentran instalados en las fachadas interiores, más frías que el propio ambiente interior. Todos menos el sensor nº 19, protegido en el interior de la sacristía, y este aporta datos un 20% menores que los de sus compañeros menos en verano, que son similares.

En invierno ocurre al contrario, al bajar la temperatura baja la capacidad para contener vapor, sin embargo, el interior continúa aproximadamente a la misma temperatura que en verano, así que el contenido de humedad que poseía en verano aunque en términos absolutos es similar, en términos de humedad relativa es considerablemente superior por lo que la humedad relativa permanece elevada.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

A continuación se aporta una tabla resumen con los valores tanto de humedad como de temperatura de tal manera que las diferencias se vean más claramente.

	TEMPERATURA		HUMEDAD	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
EXTERIOR	-10,5°C	35°C	4,77%	92,25%
Var	45,5°C		87,5%	
Fecha	24/01	29/06	11/02	7/11
INTERIOR	2°C	28,7°C	45,5%	91,50%
Var	26,7°C		46,23%	
Fecha	12/02	13/08	6/08	28/03

DATOS MENSUALES

En lo referente a las mediciones mensuales se puede observar una similitud tanto en el comportamiento de la temperatura como en el de la humedad relativa. En este caso es incluso más evidente la estabilidad térmica e higrométrica del templo al establecerse una amplitud mucho más estricta que en el ámbito anual. Es algo lógico y comprensible ya que se está estudiando un rango de tiempo mucho menor. En este caso se han estudiado los meses de Junio y Diciembre, como representantes del verano y el invierno respectivamente.

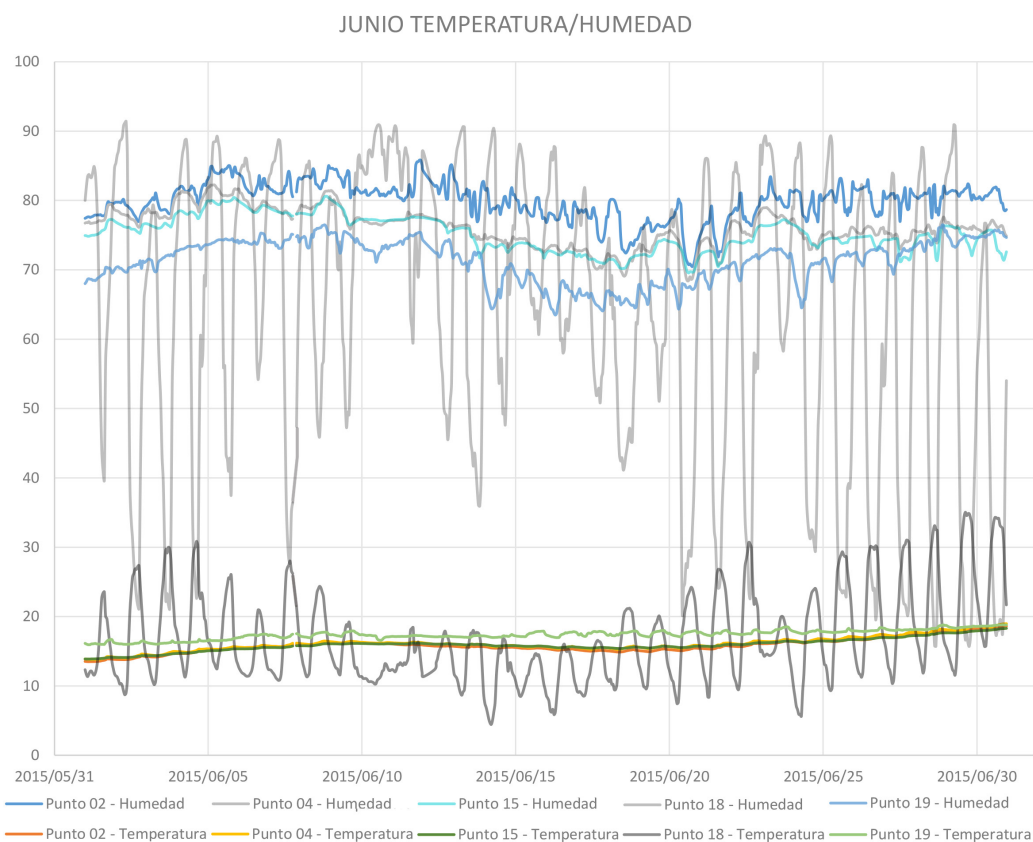
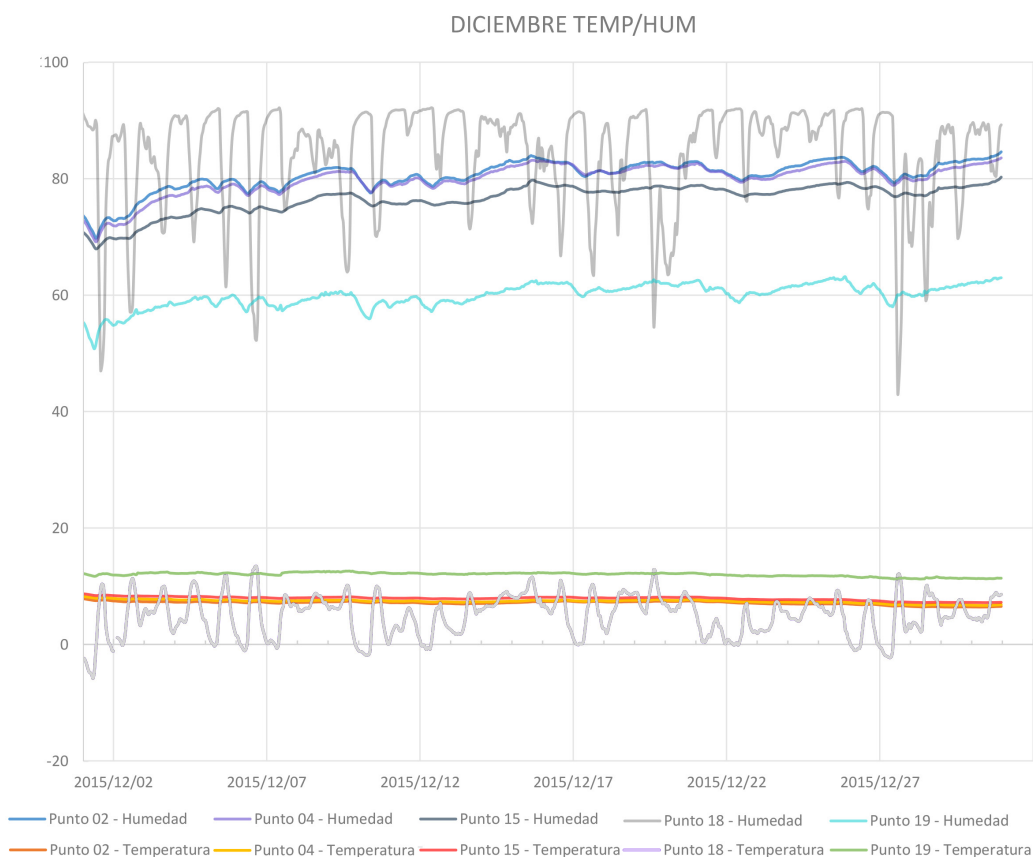
En Junio las temperaturas máxima y mínima que se alcanzaron en el exterior de la iglesia fueron de 35°C el día 29 y 4,4°C el día 1 respectivamente, es decir una amplitud térmica de 30,6°C a lo largo del mes. Sin embargo en el interior la temperatura no bajó de 13°C - Fueron 13,5°C el día 1 concretamente- ni subió de 20°C - Exactamente 19,20°C el día 29- es decir, una amplitud de solamente 5,7°C, la sexta parte que la exterior.

En Diciembre se estableció un rango de temperaturas entre -5,8°C el día 1 y 13,4°C el día 6, con 19°C de oscilación. Es más estable el invierno que el verano. En el interior se registraron temperaturas que marcaron los 6,5°C el día 9 a los 12,5°C el 29. Este dato es importante puesto que marca una amplitud térmica de 6°C, es decir la misma que en Junio. El templo muestra un gradiente de temperatura de 6°C/mes.

La humedad relativa se comporta, sorpresivamente, escasamente volátil; desciende desde un 15,7% a principios de Junio -el 2-, hasta casi saturar con el 91,4% a finales -el 29- Sin embargo en el mensual únicamente varía un 22% - un suave aumento desde el 63,5% hasta el 85,5% a lo largo de todo el mes-. En Diciembre ocurre de manera muy similar, la única diferencia radica en que no existe ninguna tendencia ascendente en el gráfico.

Ambos gráficos se muestran a continuación.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL



Figs 55 (arriba) y 56 (abajo). Gráficas de temperatura y humedad referentes a Junio y Diciembre respectivamente
 Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Estos datos se pueden recoger en un ábaco psicrométrico, en donde observamos que si bien a lo largo del año los valores tomados no difieren en gran medida -nos movemos en un arco de 8°C de media entre el verano y el invierno-. Sin embargo la humedad se mantiene en valores altos -la franja roja entre el 60 y 80%- un nivel adecuado para los bienes que alberga, están acostumbrados a altas humedades y se harían quebradizos en otras circunstancias. Por otra parte es demasiado elevado para el confort aunque el uso esporádico y puntual minimiza este inconveniente

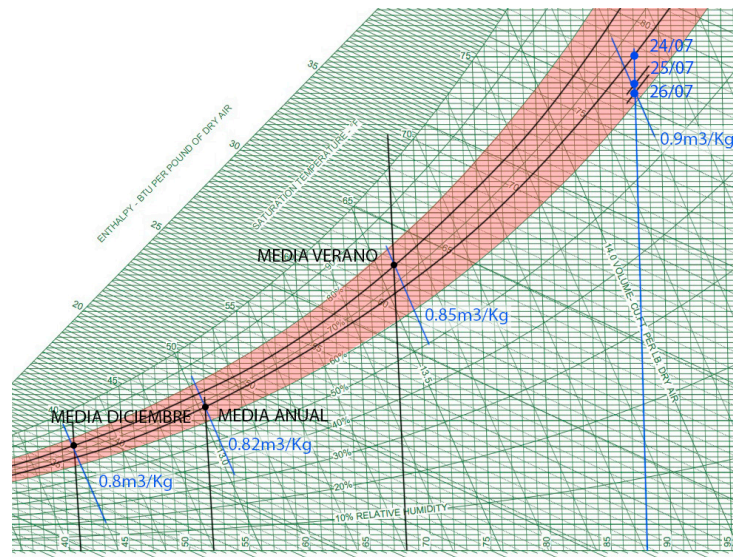


Fig 57. Ábaco psicrométrico del comportamiento anual del templo de Santa María de Mave

Fuente: <http://www.greenbuildingadvisor.com/sites/default/files/ASHRAE-psychrometric-chart-IP.jpg>

Como ya se ha mencionado anteriormente el sistema cuenta con alertas automáticas, en el caso de que se produzca una alteración grave, además también ofrece la posibilidad de crear informes automáticos de un período de tiempo concreto, aportando un valioso diagnóstico-resumen en cuanto al tratamiento de datos se refiere. Aquí refiero los avisos relativos a la humedad extraídos del informe automático de 2014. Avisos que muestran que la humedad viene siendo elevada desde hace tiempo. Puntualmente hablando, incluso peligrosa.

Aviso en Nave Central: El 11.55% de las mediciones de Humedad superan el límite máximo establecido en 80% sobre Piedra arenisca (4696 veces).

Aviso en Nave Central: El 71.5% de las mediciones de Humedad superan el límite máximo establecido en 70% sobre Madera dura (29082 veces).

Aviso en Nave Central: El 94.94% de las mediciones de Humedad superan el límite máximo establecido en 65% sobre Madera ebanistería (38613 veces).

Aviso en Pinturas murales Ábside Epístola: El 70.73% de las mediciones de Humedad superan el límite máximo establecido en 70% sobre Acabado pintura mural (28770 veces).

Aviso en Pinturas murales Ábside Evangelio: El 28.96% de las mediciones de Humedad superan el límite máximo establecido en 80% sobre Arenisca (11779 veces).

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

INFLUENCIA DEL USO EN LA IGLESIA

Para realizar un estudio de ocupación debido se han de analizar ciertos días con gran ocupación, debido a la carencia de ellos durante 2015 me remito a un estudio microclimático de esta iglesia realizado por la Fundación Santa María la Real y referido al periodo comprendido desde Noviembre de 2011 a Octubre de 2012²⁸.

Los días seleccionados han sido el 16 de noviembre de 2011, día de entrega de la Medalla de Oro al Presidente de Honor de la Fundación Endesa; y el 13 de julio de 2012, día en el que se celebró un concierto del grupo de cámara Ad Libitum.

“El 16 de noviembre fue un día con temperaturas habituales en esta época del año, con una máxima de 12 °C y una mínima de 6°C. A pesar de estos 6°C de oscilación entre el día y la noche, la temperatura en el interior del edificio apenas experimenta grandes cambios con una temperatura media de 11 °C aproximadamente. En cuanto al grado de humedad interior ocurre algo similar, se mantiene durante todo el día a 6,25 g/kg aproximadamente. Sin embargo la oscilación en el grado de humedad exterior es baja, pasa de 5,47 g/kg a las 12 del mediodía a 4,39 g/kg a las 9 de la noche. Se extrae como conclusión que la influencia de la ocupación de la iglesia apenas influyó en los parámetros ambientales del interior de la iglesia. La influencia que tuvo el concierto celebrado el día 13 de julio en el interior de la iglesia tampoco tuvo un gran impacto en los parámetros del aire interior. La temperatura exterior, como un típico día de verano, tiene una gran oscilación entre el día y la noche con una mínima 9,29°C a las 8 de la mañana y una máxima de 25°C a las 6 de la tarde. El grado de humedad transcurre en torno a 7,5 g/kg. Se percibe un ligero aumento del grado de humedad interior a partir de las 18.00 debido posiblemente a la apertura de puertas con la correspondiente mezcla del aire interior y exterior y a la posterior ocupación de la iglesia. Se extrae como conclusión que la influencia de la ocupación de la iglesia debida a estos dos actos celebrados en la iglesia apenas contribuyó a la alteración de los parámetros ambientales del interior de la iglesia que permanecen muy constantes durante ambos días.”

A continuación se muestran el comportamiento termohigrométrico de los días analizados en el ábaco psicrométrico.



Figs 58 (izquierda) y 59 (abajo). Ábacos psicrométricos referentes a los días 16 de Noviembre y 13 de Julio respectivamente
Fuente: BASULTO, Daniel, *Estudio Microclimático de la iglesia de Santa María de Mave*.

28 BASULTO, Daniel, *Estudio Microclimático de la iglesia de Santa María de Mave*, cedido por la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico, 2013

ACELERÓMETRO

Para finalizar, analizar el comportamiento del acelerómetro instalado en el punto nº 14. A primera vista la gráfica ofrece un aspecto plano, con el valor de las aceleraciones, es decir desplomes, en el eje X (azul), en el eje Y (naranja) y en el Z (verde) orientados como se puede ver en la figura.

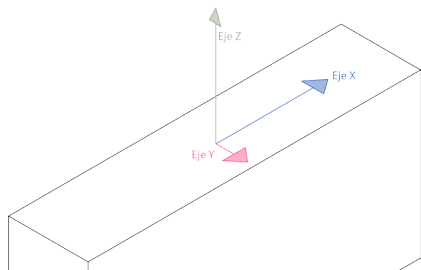


Fig 60. Dirección de os ejes referidos en la gráfica
Fuente: Elaboración propia.

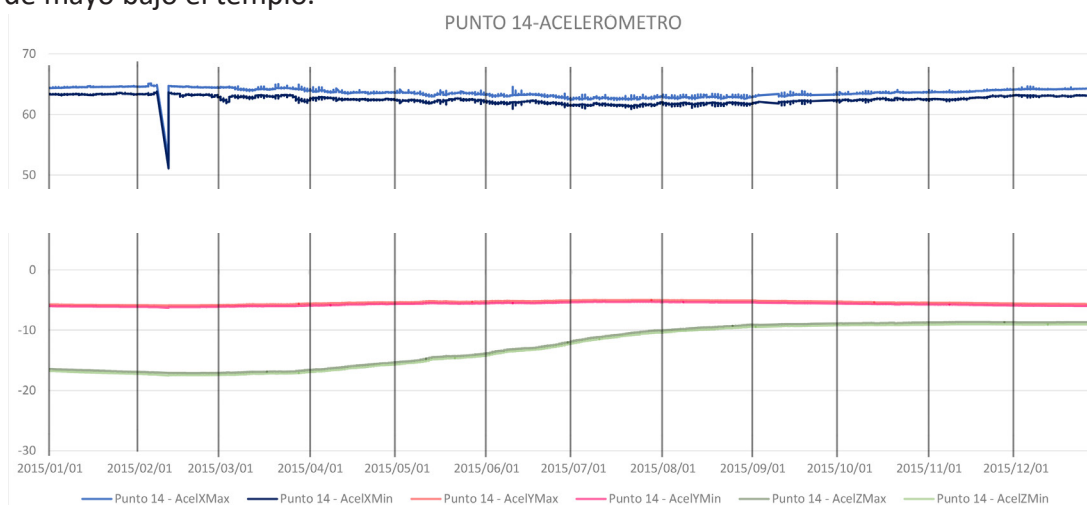
Antes de comenzar cabe decir que el gráfico está expresado en décimas de milímetro, con lo cual, a la vista está que el edificio no pesenta síntomas de fallos estructurales, más bien al contrario, se conserva mejor de lo que cabría esperar.

El único eje que presenta variaciones apreciables entre el máximo y el mínimo es el X, si bien se mantiene estable en torno al valor 63. En los meses centrales del año la gráfica se vuelve más peluda, con diferencias algo más pronunciadas, esto puede indicar una dilatación de los sillares del muro por efecto del calor estival.

La lectura del eje Y nos da un ejemplo de la estabilidad de ese tipo de estructuras, puesto que ni existe diferencia entre el mínimo y el máximo ni oscilación a lo largo de todo el año - la diferencia entre el valor máximo de Y_{max} y el mínimo de Y_{min} es de 1,26 décimas de milímetro- También cabe reseñar que es el situado más próximo a 0.

En el eje Z se observa una cierta tendencia alcista, también durante los meses de verano, aunque luego permanece estable el resto del año, como valor absoluto es la gráfica que más varía de las tres, aunque siga siendo despreciable a efectos prácticos.

Como curiosidad mencionar el desplazamiento positivo, probablemente debido a la acción de empuje de una bolsas de agua que se hayan formado a lo largo del lluvioso mes de mayo bajo el templo.



Figs 61. Extracto de la gráfica referente al punto 14-acelerómetro.
Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa la Real del Patrimonio Histórico. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En general se puede decir que el edificio que nos ocupa, como es habitual en edificios históricos con muros de gran masa posee gran inercia térmica, que ocasiona una gran estabilidad durante todo el año, por otro lado también conlleva una humedad relativa alta sobre todo en los meses de invierno y primavera, aunque es generalizada para todo el año. Sin embargo la capacidad del aire de asumir cambios, al contrario que la de la iglesia es muy alta, y simplemente se mejorarían las condiciones termohigrométricas del templo suministrando calor durante el periodo de enero a marzo, de tal manera que se utilice el aire como sumidero de vapor de agua.

También sería conveniente llevar a cabo una ventilación controlada de la iglesia. Sin embargo esto es muy difícil de realizar eficazmente, debido a que en muchas ocasiones, cuando la humedad exterior es mayor a la interior no interesa que el aire externo se mezcle con el interior aumentando la humedad relativa interna del templo. Por otra parte, cuando la humedad relativa es baja en el exterior también puede no interesar introducir aire exterior en la iglesia, puesto que en contenido absoluto es muy probable que tenga mayor contenido de agua del que el interior puede asimilar y al enfriarse aumentaría la humedad relativa en el mejor de los casos o se condensaría en las paredes en el peor -El volumen de agua que a 20°C es un 30% de HR a los 12°C de media del interior del templo es un 80%-

En lo referente al uso de la iglesia de Santa María de Mave como recurso turístico cabe destacar que las visitas turísticas se hacen de modo irregular, hay días en que acuden muchos turistas y se abren y cierran las puertas constantemente, modificando las condiciones y otros en que no acude nadie y la iglesia permanece cerrada. Esto no favorece que las condiciones ambientales interiores permanezcan constantes que sería lo deseado para la óptima conservación de los bienes muebles que la iglesia contiene.



Fig 62. Vista de la cúpula desde el crucero.

Fuente: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?iddoc=1084>

8.2 CENTRO TECNOLÓGICO DEL PATRIMONIO (CTP)

8.2.1 Descripción

El edificio es la sede de la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico. Está situado en el casco histórico de Aguilar de Campoo (Palencia), junto al Puente Mayor y la puerta medieval del Paseo del Monasterio.

Al tratarse la Fundación de una empresa dedicada a la restauración arquitectónica y puesta en valor de inmuebles degradados, por principios no podía establecer su sede en un edificio de nueva planta. Debido a ello se escogió la Casa del Puente, un edificio diseñado por Jerónimo Arroyo a principios del siglo XX junto al río Pisuegra y con vistas a este. Originalmente se trataba de un almacén al por mayor, tienda de ultramarinos y vivienda en la planta superior.

El edificio se divide en dos cuerpos: el primero, el principal, es de forma aproximadamente rectangular y el más pequeño en superficie de los dos. Éste primer cuerpo se compone de una base de piedra de mampostería recercada, sobre la que apoyan gruesos muros enfoscados de tono blanco roto, huecos muy marcados solucionados con arcos rebajados. Todo el perímetro de los huecos es de ladrillo rojo visto, salvo las bases, los salmeres y la clave, que son de piedra vista también. Sobresalen dos balcones cerrados con carpinterías de vidrio y un escudo en su extremo derecha, probablemente el único resto del edificio preexistente. Por último se remata con una cornisa de ladrillo visto también y una cubierta de teja a cuatro aguas. Cabe destacar también que es el más representativo del edificio, ya que alberga en la planta baja -antigua tienda- la recepción y exposiciones temporales.

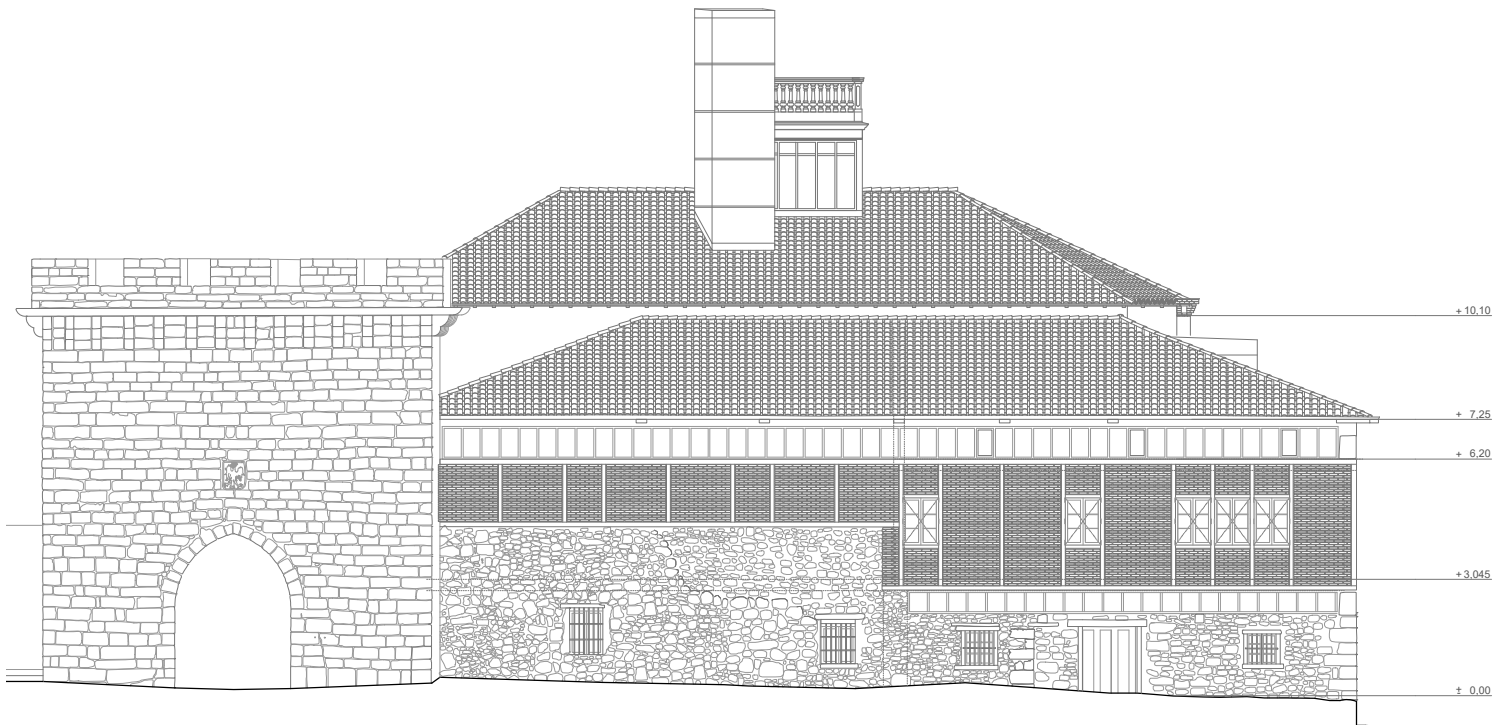
La planta primera y el bajo cubierta -antigua vivienda- se utiliza como oficinas y estudio y se corona con una pequeña torre, restaurada y es utilizada como mirador, además de aprovechar este punto elevado para instalar una estación meteorológica.



Fig 63. Estado final de la Casa del Puente. Fachada Este.
Fuente: Cedita por la Fundación Santa María le Real

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

El segundo cuerpo, antiguas bodegas y almacenes, es más bajo que el primero y forma una "L" adosada al oeste del edificio principal. Se compone de galerías acristaladas; en el caso de la fachada sur, esta galería consiste en todo el cuerpo superior, respetando el cuerpo inferior de mampostería rejuntada. En el caso de la fachada norte esta galería consiste -en su mayoría- en un muro cortina. El resto de las fachadas consisten en muros de ladrillo aplantillado rojo visto insertados entre elementos de madera blanca.



Figs 64, 65 y 66. Estados inicial (Fig 64) y final de la fachada sur de la Casa del Puente (Fig 65). Alzado Oeste E: 1:250 (Fig 66).
Fuente: Cedida por la Fundación Santa María le Real

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Como uso principal este edificio esta destinado a albergar oficinas, despachos, aulas de formación, talleres, almacén, salas de reuniones y un salón de actos. Recoge todos los departamentos de la Fundación, distribuidos en 3 plantas y un espacio bajocubierto.

En el caso del interior, se ha tratado de ser lo más neutro posible, utilizando colores claros para favorecer la luminosidad, sobre todo en la planta inferior, donde únicamente existen los pequeños ventanucos incrustados en el muro de mampostería.

Asimismo se ha utilizado una estructura de madera laminada de gran luz para ofrecer diaphanidad de espacio y flexibilidad de uso, ya que este puede cambiar constantemente. Al ser la sede de la Fundación es utilizado tanto para la investigación en arquitectura como histórica o para dar cursos y ponencias varias orientadas al Patrimonio.



Fig 67 (Arriba izquierda) Bajocubierto del primer cuerpo en la segunda planta. Fig 68 (Arriba derecha) Bajocubierto del segundo cuerpo, espacio de coworking en planta primera. Fig 69 (Abajo derecha) galería de distribución en la fachada norte en planta baja. Fig 70 (Abajo izquierda) vestíbulo de acceso a oficinas perimetrales en planta primera.

Fuente: Fig 67: <http://valderrediblesostenible.squarespace.com/blog/2010/11/30/centro-tecnologico-del-patrimonio-de-la-fundacion-santa-mari.html>

Figs 68, 69 y 70: Elaboración propia.

8.2.2 Motorización y planimetría

Este edificio fue uno de los primeros, si no el primero en que fue instalado el sistema MHS, en este caso tiene carácter experimental, sin embargo la validez y solidez de los datos recogidos es suficientemente extensa.

Otra de las razones por la cual este edificio es importante es el cambio de uso y ubicación del mismo, ya no es un templo románico en un núcleo rural sino un edificio de oficinas en un casco urbano, con lo cual las necesidades de parametrización cambian radicalmente, así como las posibilidades de transmisión de datos. En este caso sí es posible la transmisión vía Wifi y la ubicación de la CPU particular del edificio coincide con la ubicación de la central de la Fundación.

En este caso los sensores colocados son 9 sensores de humedad y temperatura, 3 sensores de temperatura, humedad y luminosidad, 3 detectores de presencia y un sensor de temperatura, humedad y presencia, así como un repetidor y una estación meteorológica en el mirador. De todos ellos se van a tomar dos sensores representativos por cada planta además de los datos ofrecidos por la estación meteorológica para portar información del exterior.

En la planta sótano se escogen los puntos P3 (temperatura, humedad y presencia) y P11 (Temperatura, luminosidad y humedad), en la baja los puntos P4 (temperatura y humedad), P12 (temperatura, humedad y luminosidad) y P16 (presencia), y en las plantas primera y bajocubierta únicamente el punto P7 y P10 respectivamente, ambos de temperatura y humedad.

Se escogen tantos sensores de temperatura por las condiciones distintas de cada estancia, tanto a nivel de soleamiento como a nivel de cercanía a paramentos fríos o uso.

Puntos	Parámetros	Ubicación
3	Temperatura, humedad, presencia	(INT) Planta sótano, fachada norte
11	Temperatura, humedad, luminosidad	(INT) Planta sótano, fachada sur
4	Temperatura, humedad,	(INT) Planta baja, salón de actos
12	Temperatura, humedad, luminosidad	(INT) Planta baja, oficina
16	Presencia	(INT) Planta baja, entrada oficina
7	Temperatura	(INT) Planta primera, coworking
10	Temperatura y humedad	(INT) bajocubierta, despachos
8	Temperatura y humedad	(INT) Planta primera, despachos
14	Estación meteorológica	(EXT) Mirador

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL



Fig 71. Ubicación de los sensores. Planta sótano E 1:200
 Fuente: Cediada por la Fundación Santa María le Real

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

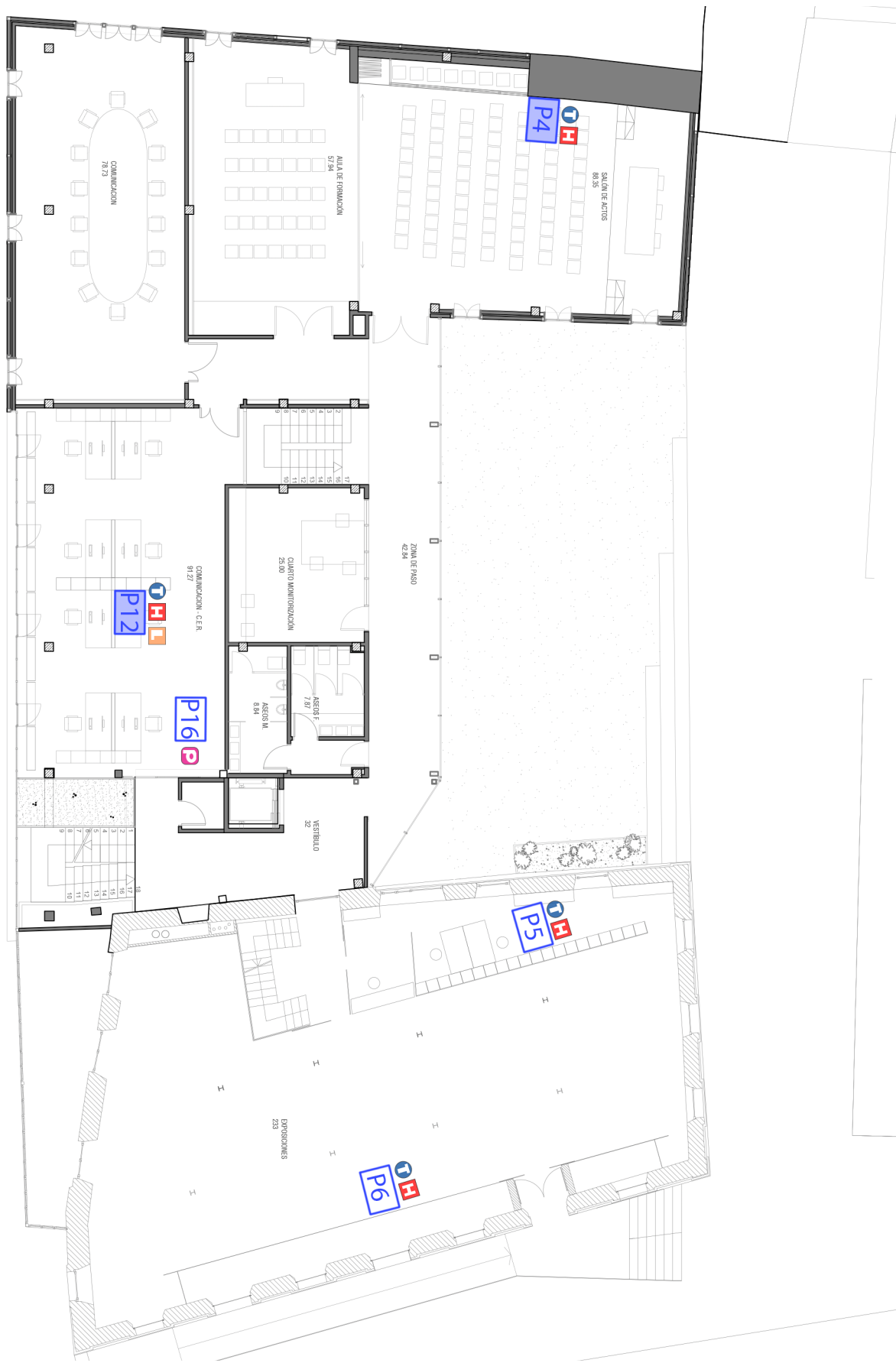


Fig 72. Ubicación de los sensores. Planta baja E 1:200
Fuente: Cedita por la Fundación Santa María le Real

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL



Fig 73. Ubicación de los sensores. Planta primera E 1:200

Fuente: Cedida por la Fundación Santa María le Real

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

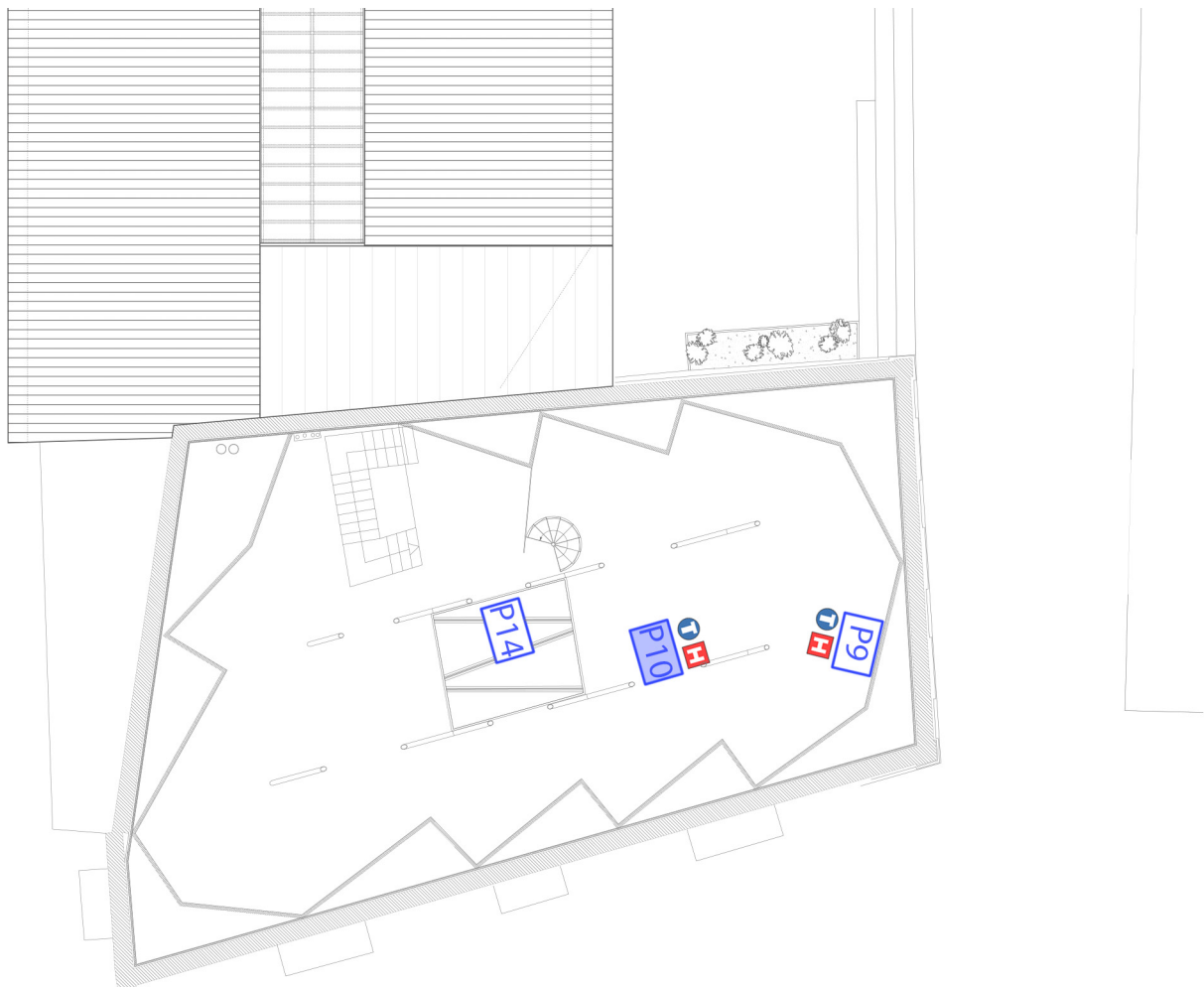
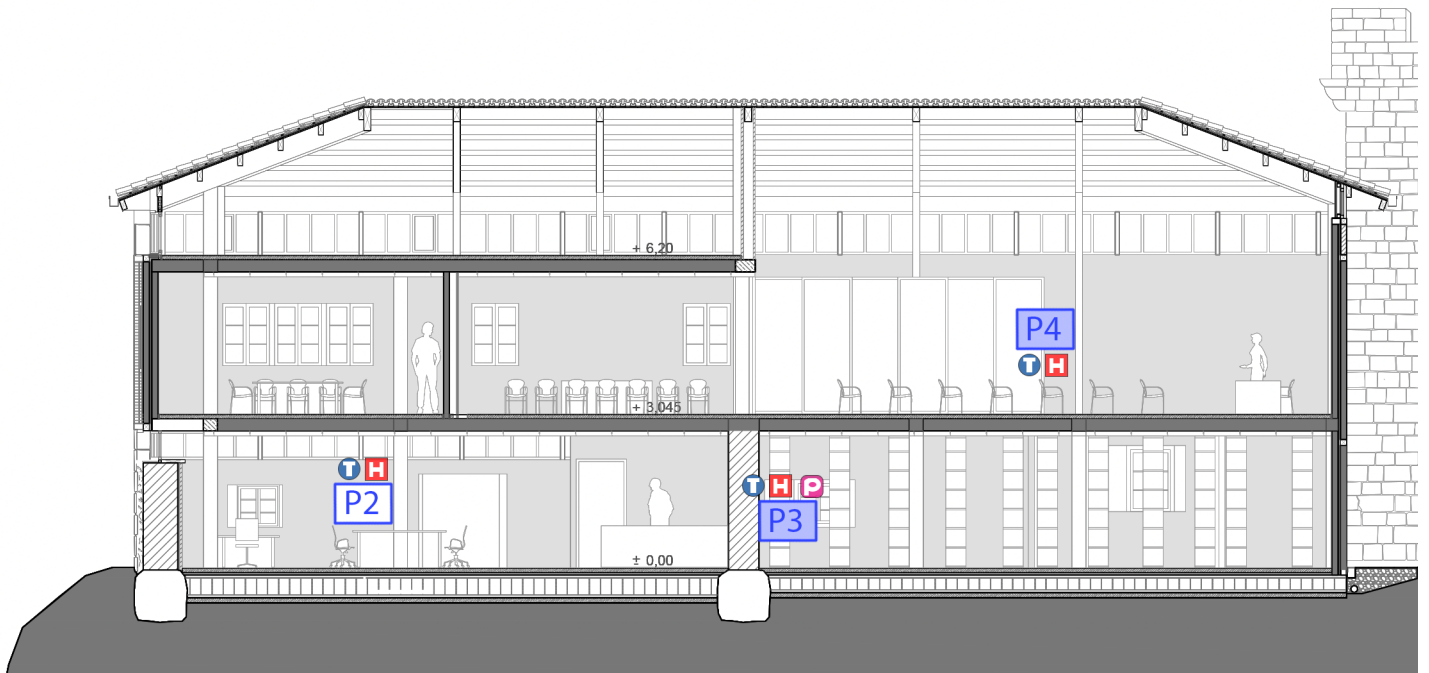
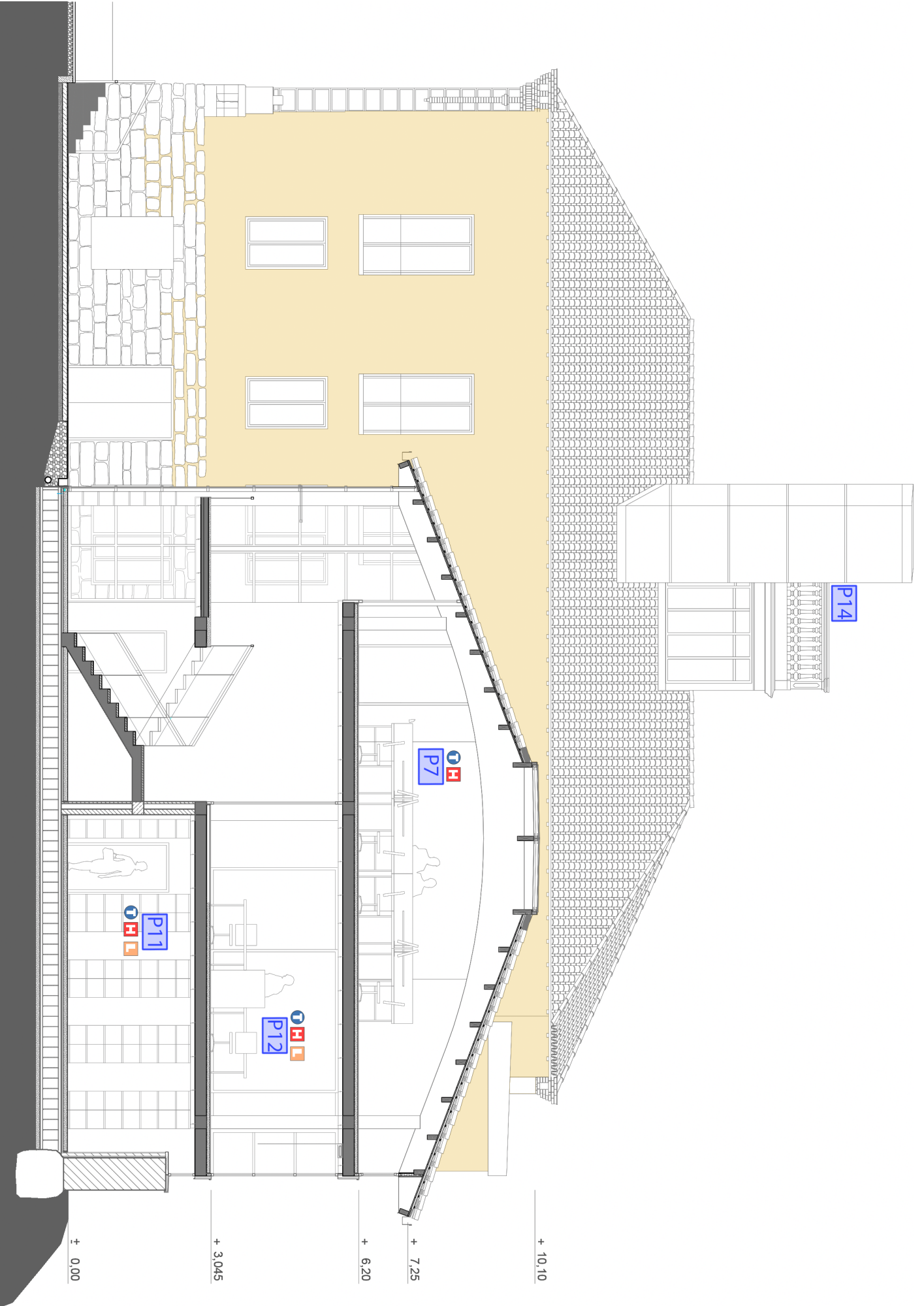


Fig 74 (Arriba).Sección longitudinal E 1:200. Fig 75 (Abajo) Ubicación de los sensores. Planta bajocubierta E 1:200
Fig 76 (Página siguiente) Sección transversal, ubicación de sensores. E 1:200
Fuente: Cedida por la Fundación Santa María le Real



TEMPERATURA

En este caso la temperatura se muestra mucho más variable que el ejemplo anterior, como cabe esperar de un edificio mucho menos masivo. Bien es cierto que la planta sótano se asemeja tanto en constitución de materiales - piedra de mampostería- como en inercia térmica, aunque no llega a valores tan estables de una iglesia románica. Por otro lado en este caso sí que es necesaria una estabilidad térmica por razones de confort en el trabajo al ser un edificio de oficinas.

En la planta sótano, mucho más cerrada, con ventanas estrechas y protegida por los gruesos muros de mampostería antes mencionados, se han analizado dos sensores, uno de ellos enclaustrado en una habitación en el fondo del edificio prácticamente sin uso -P11- y el otro en un almacén con mucho tránsito -P3-, colocado junto a una puerta que permanece abierta mucho tiempo ya que sirve a la habitación anexa, con lo que podríamos considerarlo un sensor del pasillo junto al muro cortina.

Ante todo mencionar que ambas gráficas son muy variables en poco tiempo, producto de la diferencia de temperaturas del día y la noche. Incluso aquí ya hay diferencias entre ambas gráficas, ya que aquella correspondiente a la habitación más aislada- color anaranjado- tiene una amplitud térmica bastante menor que su homóloga en el almacén.

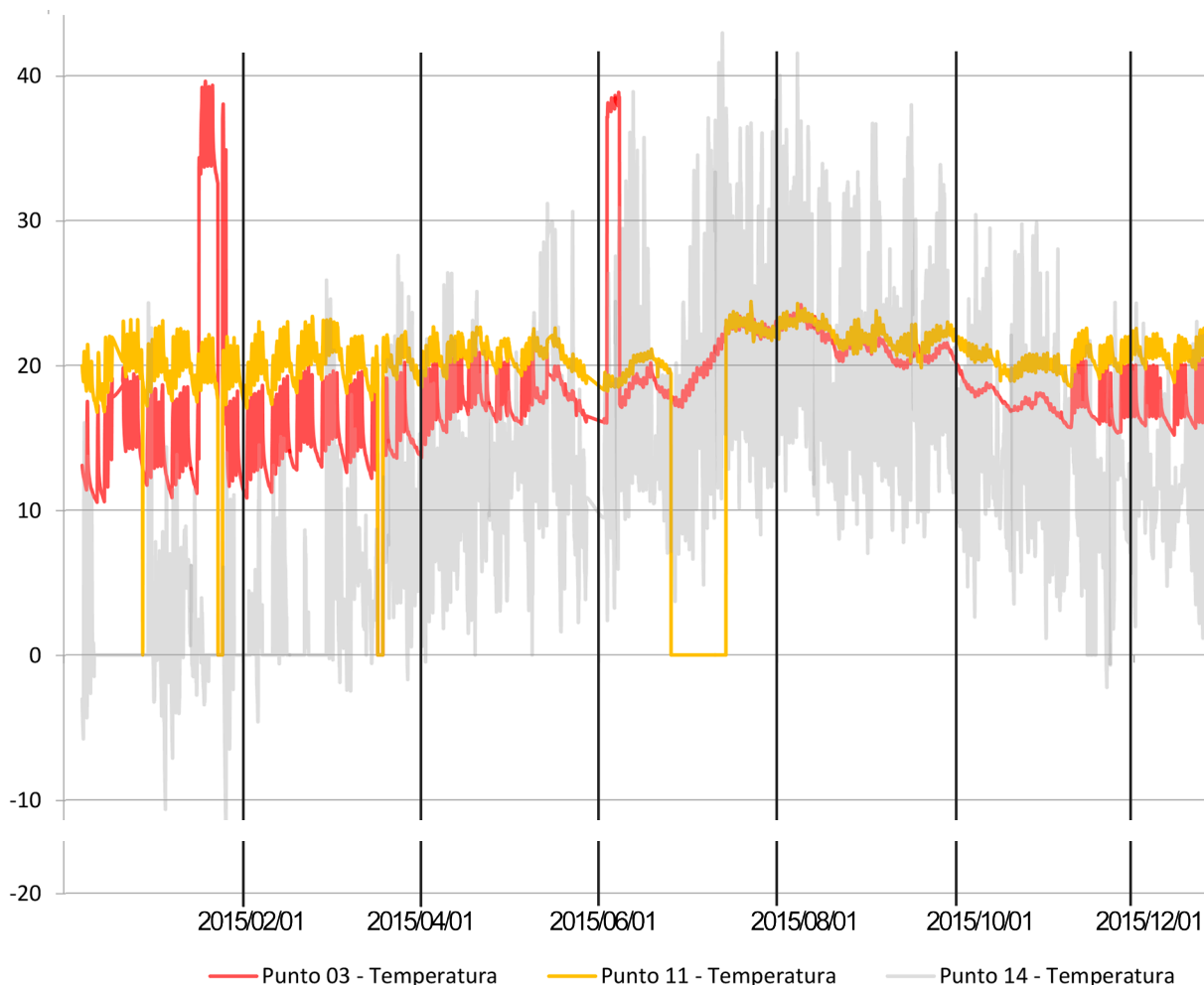


Fig 77. Gráfico de temperatura de la planta sótano.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María la Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

La tendencia de esta habitación es plana, es decir, se mantiene oscilando alrededor de los 20°C durante todo el año, curiosamente la amplitud térmica se va reduciendo conforme se acerca el verano, - durante los meses de Junio y Agosto, prácticamente se anula, evidenciando noches cálidas- y se va ampliando al llegar el invierno -desde Octubre crece hasta Diciembre, coincidiendo aproximadamente con la amplitud de Enero- . Presenta una oscilación térmica diaria de 4°C en Enero y 1°C en Julio.

Referente a la otra gráfica el comportamiento es, a grandes rasgos, el mismo. En este caso, se observa un aumento paulatino en los primeros meses del año, a la vez que se reduce gradualmente la amplitud térmica hasta llegar a verano.- Aquí se mezcla con la gráfica de la otra habitación hasta tal punto que se confunden, esto puede ser debido a que a pesar de que sea la fachada Norte la más fría el efecto invernadero que produce el muro cortina mitiga ese efecto subiendo la temperatura-. Una vez pasado éste, la temperatura vuelve a caer hasta situarse inmediatamente por debajo a la de su compañero. En Noviembre vuelven a aumentar las diferencias entre el día y la noche, en este caso más pronunciadas que su homóloga anaranjada, con 4,8°C en Diciembre y 7,3 en Enero, frente a los 2,1°C y 4 respectivamente. Esto es debido a que esta habitación esta en comunicación con el corredor exterior que da a la fachada Norte cubierta por un muro cortina. Por último mencionar los dos picos ocurridos tanto en la gráfica anaranjada como en la roja producto de alguna avería.

Como conclusión cabe deducir que la habitabilidad se mantiene mucho mejor en la sala menos utilizada que en el almacén. Sin embargo, no es de esperar que dicho almacén este acondicionado, puesto que su uso no es estancial ni permanente. Por otra parte la otra estancia podría ser acondicionada en el futuro para despacho sin ningún problema.



Fig 78. Fachada norte de muro cortina.
Fuente: Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

En la planta baja comparamos los espacios dedicados a despacho y salón de actos. Dichos espacios han sido escogidos por la diferencia en su frecuencia de uso: el primero es ocupado permanentemente, mientras que el segundo únicamente de forma ocasional en verano. En consecuencia presentan valores sensiblemente distintos.

El punto 4 (rojo) es el situado en el salón de actos, así mismo también es el que más varía; comparándolo con la gráfica del exterior se puede observar como se sitúa en su huella durante todo el año, ofreciendo una amplitud térmica mucho más acotada que el exterior pero dependiente de él al fin y al cabo. Esta dependencia es indicativa del escaso uso del salón de actos puesto que el gradiente de temperatura solo es paliado por la acción del aislante térmico y la gran masa del muro oeste. Hay 24°C de diferencia entre el máximo y el mínimo. También se puede observar una diferencia entre el día y la noche más reducida que en el caso del punto 12 y el pico anómalo, que por una vez no es un fallo e indica que ese día 13 de Enero se encendió la calefacción.

El punto 12 (naranja) corresponde con el ubicado en el despacho, oscila alrededor de los 20°C, -en concreto entre 16,7 y 24,5°C- con una amplitud térmica de solo 7°C en todo el año, ocho veces menor que el anterior. Cabe destacar que este despacho esta orientado a sur mediante una galería acristalada continua lo que posibilita un aporte extra de calor en invierno, algo apreciado en el clima del norte.

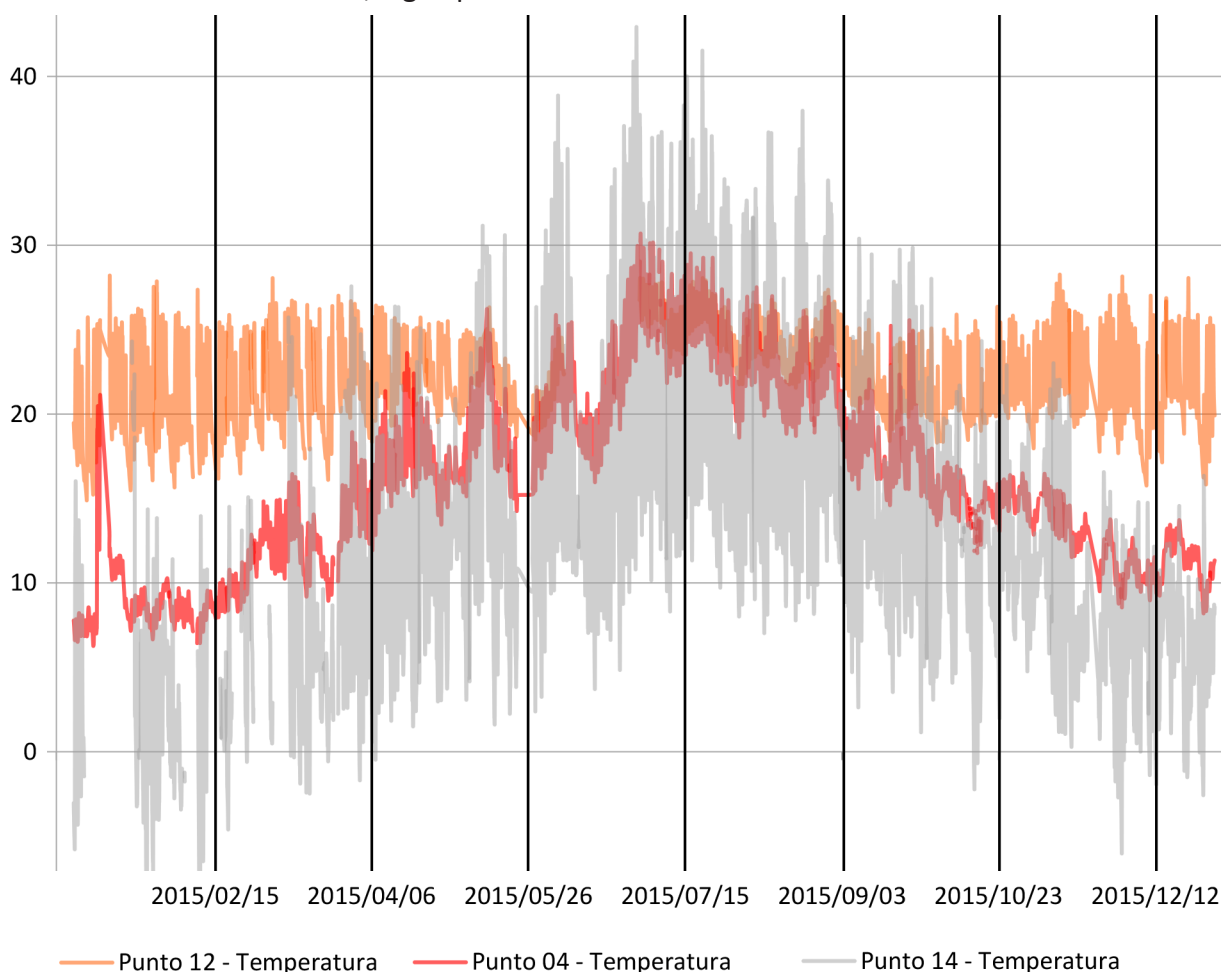


Fig 79. Gráfico de temperatura de la planta baja.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Por otra parte, en verano supone un inconveniente al acumular calor no deseado, aunque visto en perspectiva es un inconveniente pequeño: en primer lugar es algo que se puede solucionar con la técnica, en este caso con carpinterías con un buen comportamiento aislante combinadas con sistemas de oscurecimiento, en segundo lugar, el uso del edificio se produce principalmente por la mañana, así que la afección a las horas centrales del día es mínima.



Fig 80. Galerías de la fachada sur.
Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar se analizan la plantas primera, en donde se encuentra el sensor -P8- correspondiente a la galería previa a los despachos individuales (Fig 70), y la segunda, el bajocubierta del edificio (Fig 67 y sensor nº 10).

Estando el sensor número 8 en el centro de la habitación es el que menos acusa las variaciones térmicas externas, aunque el comportamiento general no difiera gran cosa del resto de sensores distribuidos por el edificio. Así es que la oscilación térmica diaria varía de 5°C en febrero a solo 3,7 en julio, disminuyendo conforme avanza el año, de igual manera que hace en el resto de estancias. La máxima alcanza los 30°C a finales de Junio, y la mínima roza los 14°C a las 5 de la madrugada en Enero. Estas temperaturas coinciden aproximadamente con los sensores nº 12 (despacho con galería acristalada) y 4 (salón de actos) y que deja en evidencia la gran influencia del ambiente exterior a pesar de estar en el centro del edificio. Esto es debido a que esta parte del edificio no cuenta con una gran masa térmica que amortigüe los cambios de temperatura y está influida por las corrientes de aire que bajan por la caja de escaleras desde el bajocubierta, por el hecho de que no existe aislamiento térmico en los forjados intermedios y todo el calor que pueda almacenar se va transmite en menor medida a los pisos adyacentes. Por último y no menos importante hay que considerar la existencia de un lucernario desde el piso superior (bajocubierta) que aporta calor al ambiente.

A simple vista queda en evidencia que el comportamiento térmico del bajocubierta y su espacio inmediatamente inferior son idénticos, pero amplificadas ligeramente, en este segundo caso se da una amplitud térmica superior, desde 11°C a 32, casi 20°C de oscilación interior, la amplitud diaria se sitúa en los 7 °C en Enero y 5°C en Julio. Son las consecuencias de estar en contacto con el ambiente exterior sin aislamiento térmico , así que cuando las condiciones ambiente se saturan se utiliza como válvula de escape el núcleo de escaleras que comunica con el espacio inferior, transmitiéndole unas características higrotérmicas similares.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

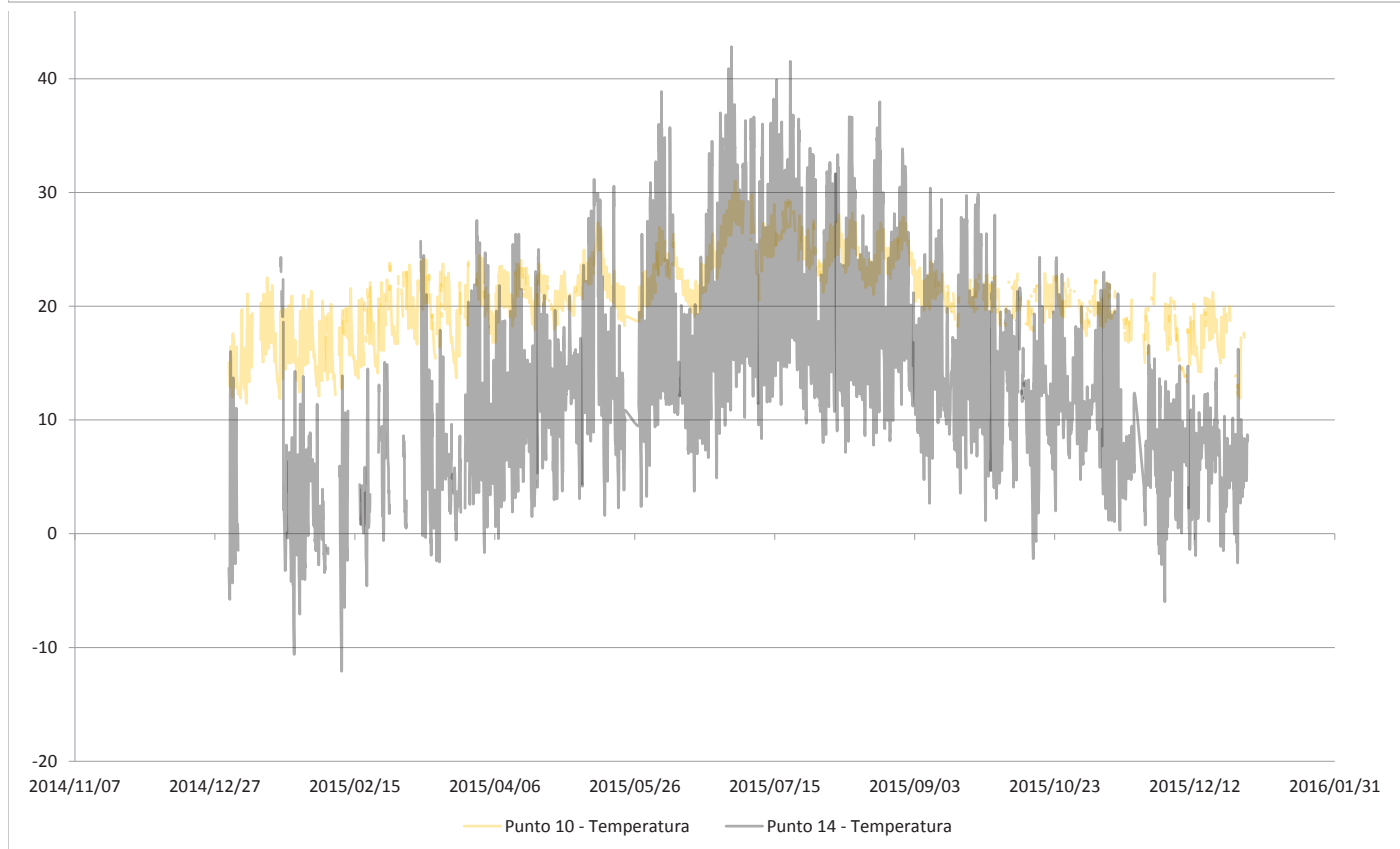
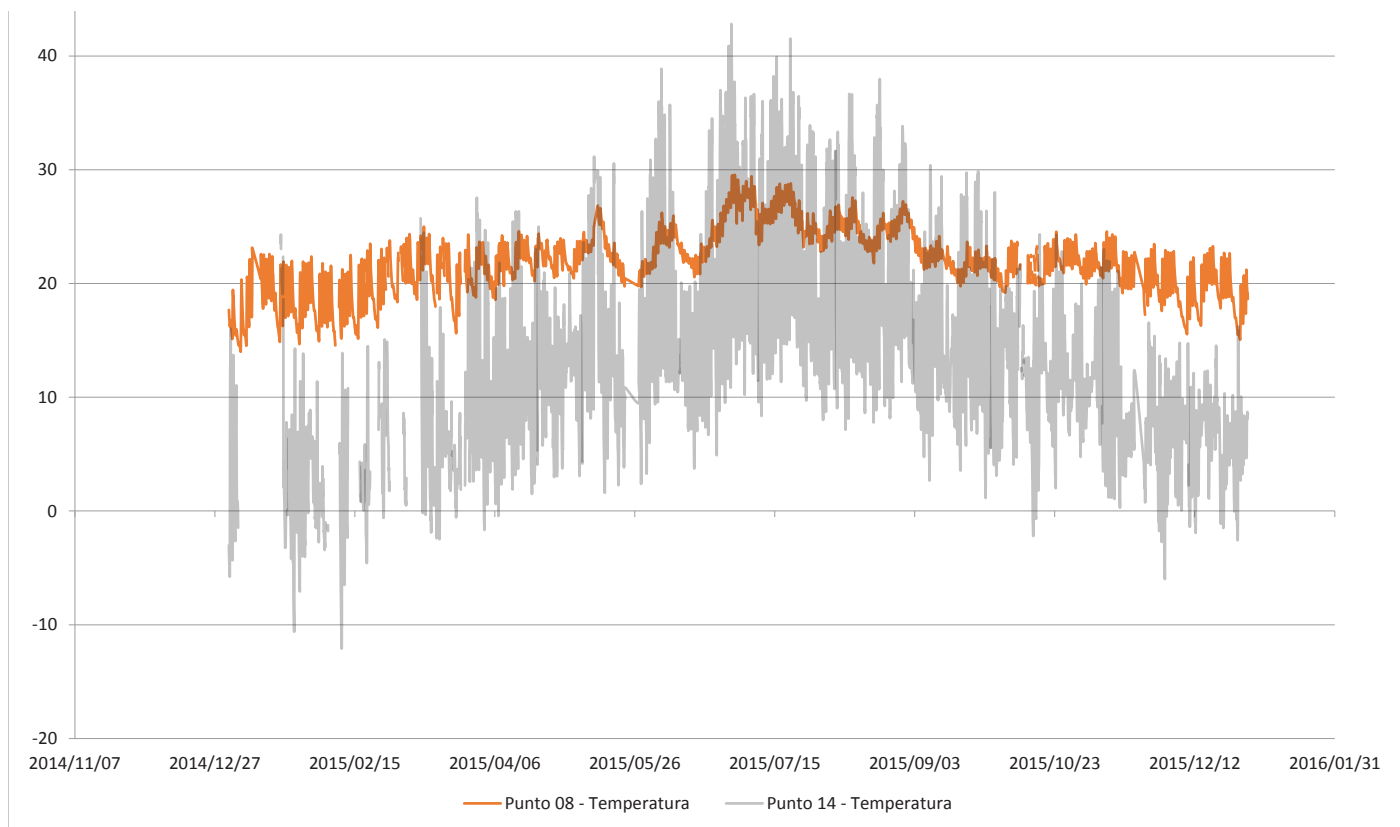


Fig 80 (Arriba). Gráfico de temperatura de la planta primera . Fig 81 (Abajo) Gráfico de temperatura del bajo cubierta
Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

HUMEDAD RELATIVA

El ambiente que se va a comparar este vez se trata de uno mucho más permeable que la iglesia románica. En este caso el intercambio de aire con el exterior y la ventilación son algo constante por lo que esta humedad relativa va incluirse en la huella de la humedad exterior, si bien mucho más matizada y controlada al tratarse de un ambiente de trabajo.

El caso de la planta de bajocubierta la humedad se mantiene baja y estable: nunca sobrepasa el 60% ni mucho menos llega a saturar, se mantiene constante alrededor del 40% la mayoría del año, en Septiembre asciende un poco ya que se combinan altas humedades de la primavera con temperaturas suaves incapaces de contener tanto vapor como en verano.

En los primeros meses del año permanece entre el 40 y el 50% muy por debajo de la humedad exterior que siempre esta por encima del 50% y en no pocos caso llega al 100%. La causa está en el efecto invernadero que crea el lucernario de la torre que tiene sobre ella, éste aumenta la temperatura y en consecuencia reduce la humedad en comparación con las frías temperaturas del exterior.

En verano curiosamente, la estabilidad en torno al 40% permanece igual, cuando sería esperable que efecto invernadero se multiplicara robando casi todo el vapor de agua disponible. Hay que recordar sin embargo que no existe aporte de calor por la calefacción por lo tanto no reseca el ambiente como ocurre en invierno. La presión de vapor del piso inferior hace ascender el aire húmedo manteniendo así la humedad relativa. Este comportamiento en ocasiones es insuficiente, coincidiendo con los picos de elevadas temperaturas registradas en la gráfica de la página anterior y bajando la humedad por debajo del 30% -el 25,4% a principios de Julio y Agosto-.

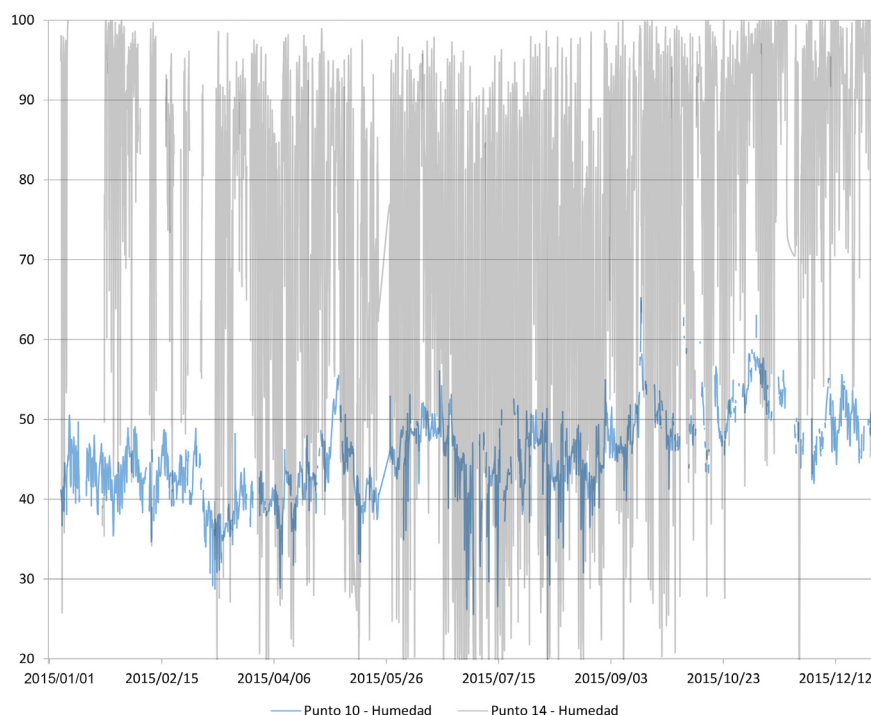


Fig 82 (Derecha). Gráfico de humedad relativa de la planta bajocubierta .

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Respecto a la planta primera, podemos considerar su comportamiento igual que el de la planta bajocubierta. En la planta baja sin embargo, -el despacho con galería a sur y el salón de actos- la humedad relativa tiene un comportamiento inverso en una sala que en la otra.

En el despacho, en invierno la humedad relativa es muy baja, entre Enero y Febrero oscila alrededor del 30%, -con una amplitud del 20% con mínimas del 25% y máximas del 45%-, ascendiendo progresivamente a lo largo del año hasta verano, conforme ascienden las temperaturas. La humedad exterior es mucho más alta que la interior, en el mismo periodo de desplaza entre el 35% y el 100%. Es producto de la galería acristalada. En contra de lo que ocurre con el calor, el vidrio no deja pasar la humedad y ésta condensa en la parte exterior, por lo tanto no penetra aire saturado en interior y no aumenta la humedad. Además la producción de vapor interna es nula en un edificio de oficinas en invierno. En verano ha ascendido durante la primavera y se sitúa en el 50% de media hasta mediados de Septiembre. También es bastante estable: la máxima está en el 58% el 21 de Julio y la mínima en el 32% el 3.

Por contra en el salón de actos la humedad en invierno es alta, de un 70% de media en el mismo período de tiempo de Enero y Febrero, 40 puntos más. No obstante va descendiendo poco a poco con el aumento de las temperaturas hasta coincidir en el 50% en verano también. Aquí entra en juego el muro masivo oeste, que contiene una gran cantidad de humedad por su constitución de piedra arenisca y la va cediendo a un ambiente frío, puesto que no se usa ni se calefacta mas que en ocasiones puntuales. Cuando en verano asciende la temperatura exterior, y en menor medida la interior, la humedad relativa va descendiendo progresivamente.

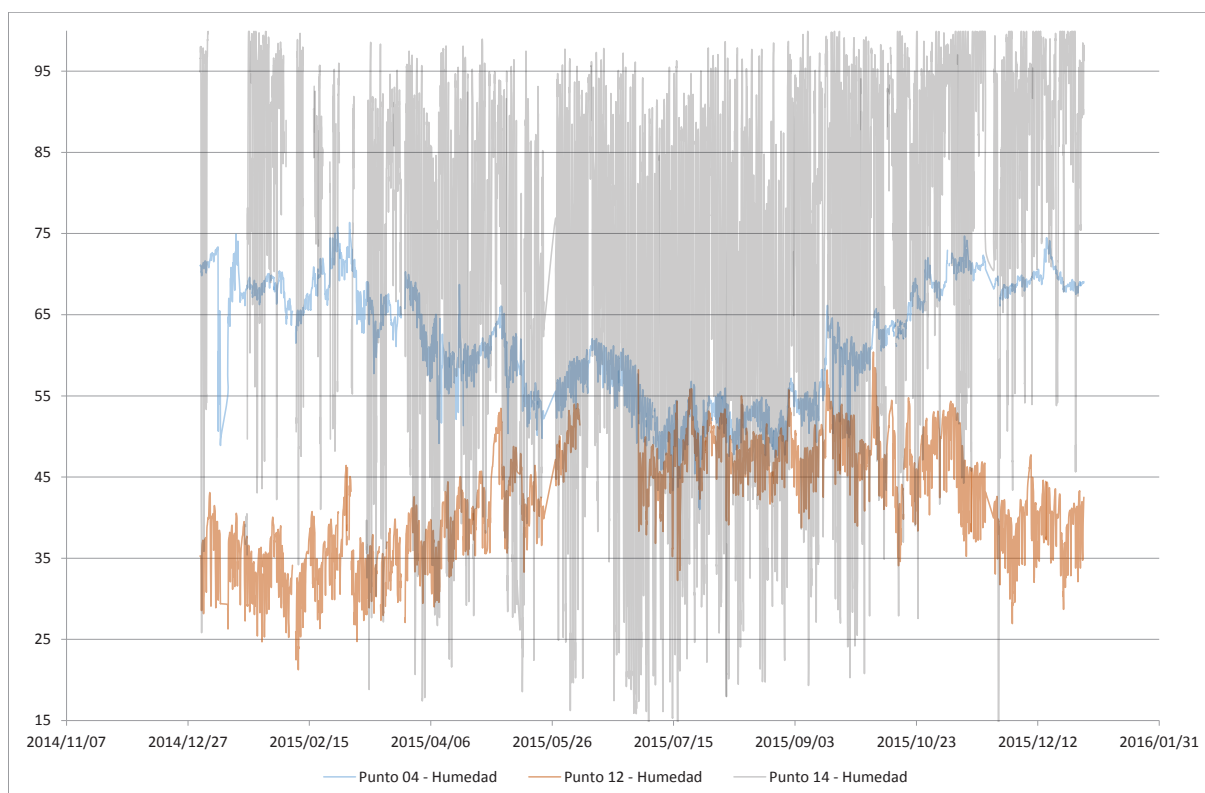


Fig 83. Gráfico de humedad relativa de la planta baja.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

La planta sótano tiene un comportamiento higrotérmico similar al salón de actos, por las mismas características de construcción. El almacén ubicado bajo el salón de actos -P3- tiene una oscilación mucho mayor, debido a que cuenta con mayor ventilación ya que tiene mayor uso. Por otra parte también presenta una humedad relativa mayor, tanto del salón de actos como del otro almacén -P11-. Mayor que el salón de actos porque está en más bajo con lo que la humedad capilar del muro en contacto directo con el cuérnago es mucho mayor y cede más al ambiente, y mayor que el otro almacén porque tiene más superficie de muro que puede ceder agua en invierno.

En verano a pesar de la temperatura aumente no afecta prácticamente al contenido de humedad del sótano puesto que la inercia térmica es muy grande en ambos casos, además la introducción de calor externo esta muy limitada, al carecer se uso permanente y por ello prácticamente de calefacción. Esto explicaría también el escaso aumento de la humedad en verano, -apenas 5 puntos porcentuales, del 50% al 55%- el cual puede ser debido a la ventilación y la introducción de aire saturado del exterior.

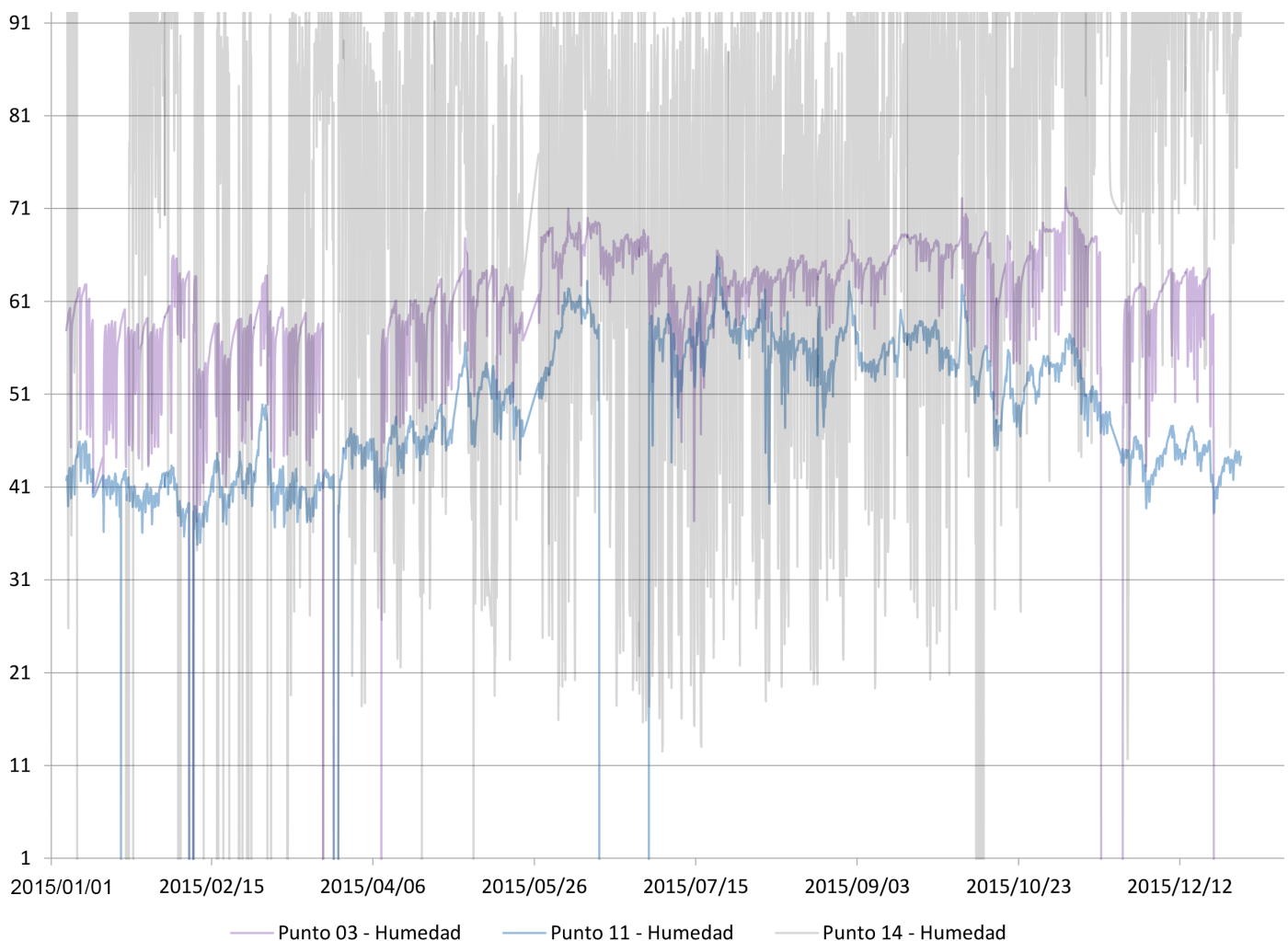


Fig 84. Gráfico de humedad relativa de la planta sótano.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Hay que destacar el diseño adoptado, de tal manera que se potencia el aprovechamiento de la luz solar y la orientación para maximizar la entrada de calor en invierno. Así mismo también se aprovecha la inercia térmica del sótano por su facilidad de acondicionamiento y se explota éste al 100% ya sea con despachos, almacenes o talleres. Las condiciones térmicas y de humedad de este sótano facilita la estabilidad de los elementos almacenados al tiempo que libera las plantas superiores para usos más estanciales. Esto dificulta las condiciones en verano, sin embargo dada la situación geográfica del inmueble el acondicionamiento invernal es mucho más importante que el estival.

La habitabilidad y el confort se mantienen cada vez más estables conforme descendemos en altura. Relativa volatilidad en el bajocubierta, difícil de mantener en invierno, y bastante menos en verano, aunque se aproveche del lucernario formado por la torrecilla. Estabilidad en las plantas baja y primera donde se aprovechan las cristalerías a sur y el grosor de los muros existentes para ubicar los usos permanentes y mucha estabilidad en el sótano, por lo mismo, solo que el grosor es aún mayor, dada la condición de muros de soporte del resto del inmueble.

En el ábaco psicrométrico inferior se puede observar la intensidad de los cambios en varias plantas. La mayor tasa de cambio se da en el bajocubierta, soportando unas temperaturas frías en invierno y cálidas en verano.

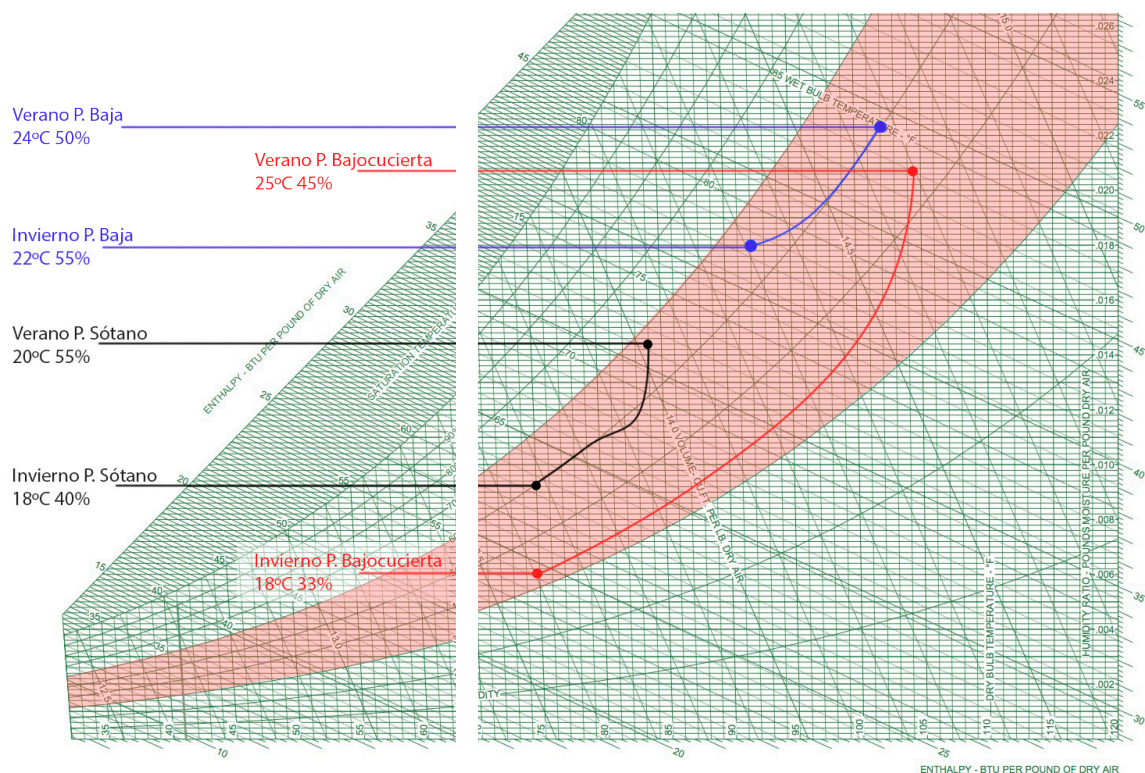


Fig 85. Ábaco psicrométrico condiciones generales del edificio.
Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

LUMINOSIDAD

El estudio de luminosidad corresponde a la fachada sur, la más soleada, y hacia donde está orientado gran parte del edificio, las salas escogidas corresponden con habitaciones que ya han sido explicadas anteriormente: el despacho orientado a sur y el pequeño almacén en la planta sótano que apenas alberga personal. Es interesante comparar la cantidad de radiación y luminosidad que reciben ambos espacios teniendo en cuenta la gran diferencia de superficie acristalada que presentan uno con el otro.

Sin embargo, cuando observamos la gráfica vemos que hay una cantidad relativamente importante de valores que se sobresalen con mucho entre el resto, llegando a los 6.000 luxes. Curiosamente se produce en la última quincena de Enero, cuando el sol está más bajo y frío, y en la habitación más cerrada, la del sótano.

Todo ello apunta a que se trata de un periodo de tiempo en el cual la inclinación del sol es tan baja que alcanza el sensor directamente, lo que falsea las mediciones. Sin embargo, aunque no lo alcanzara la cantidad de luz indirecta reflejada por las paredes sería solamente algo inferior, como ocurre con el otro sensor, donde está colocado en el interior, los rayos del sol no le alcanzan de forma directa y únicamente refleja las condiciones de luz generales. De manera general la iluminación es mucho más alta en invierno que en verano.

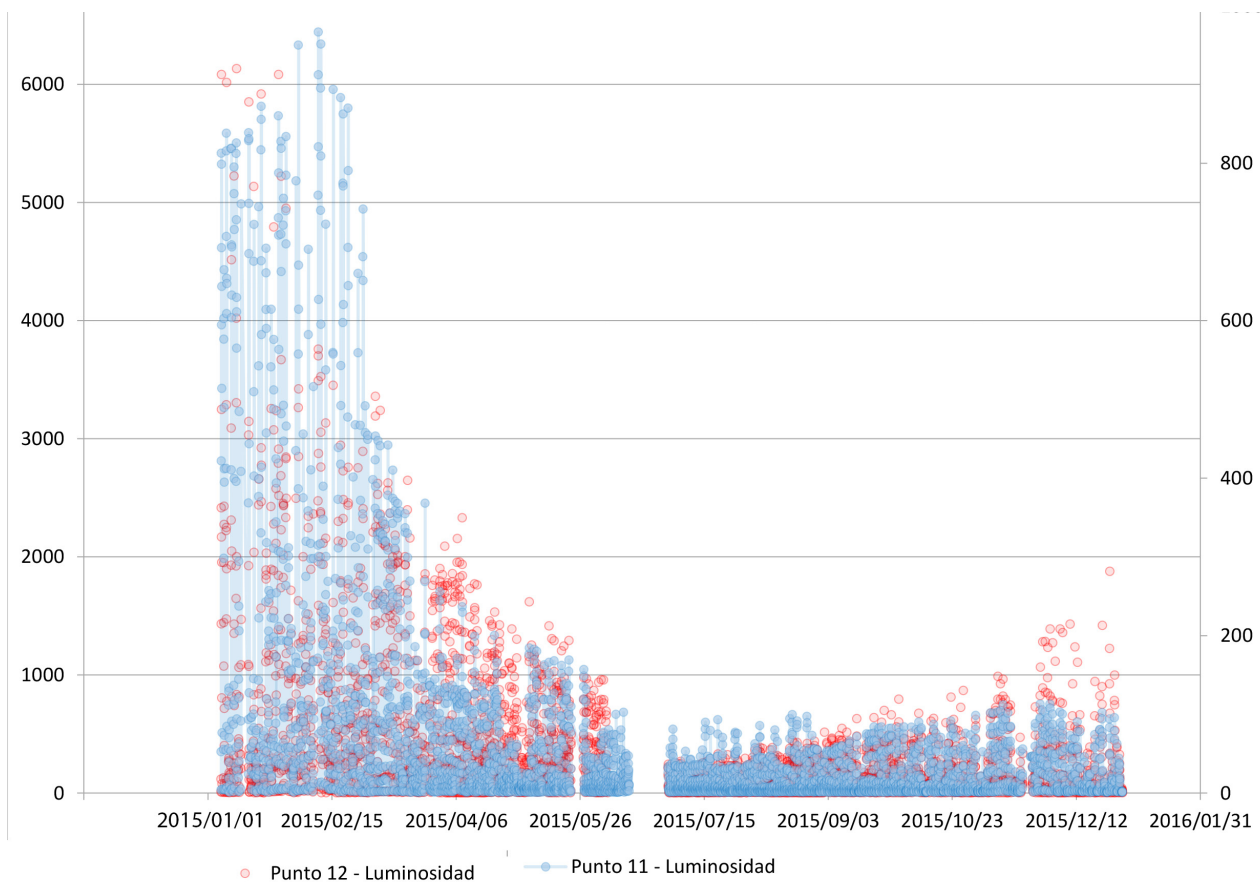


Fig 86. Gráfico de luminosidad de la fachada sur a lo largo del año.
Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Resulta necesario un análisis más preciso, por lo cual se acota el rango a sendos meses de invierno y verano. Se toman como representativos los meses de Julio y Diciembre, expuestos a continuación.

En Julio -contrariamente a lo que parece lógico- los niveles de iluminación son muy bajos, se mantienen alrededor de 200 luxes en el despacho acristalado, y solo 40 en la habitación con apenas uso. Ello obliga a iluminación artificial permanente - recordemos que solo detecta iluminación natural pues esta colocado en la ventana-. La explicación a este fenómeno viene dada por el entorno en primer lugar, ya que la cristalera tiene árboles colocados a apenas dos metros que dan sombra permanente en verano. En segundo lugar por la propia construcción, puesto que dicha cristalera se coloca bajo el alero de la cubierta cuyo vuelo es importante. Si a todo ello se suma la gran elevación del sol en verano -de 65º a las 11 de la mañana para una latitud de 42ºN - resulta una escasa iluminación restante.

Por contra, en Diciembre ocurre lo contrario: la vegetación carece de follaje así que no puede arrojar ninguna sombra y el sol no tiene inclinación suficiente como para verse afectado por el alero. Por lo tanto la luz no encuentra ningún impedimento para alcanzar el sensor y establecer unos valores algo más altos que en verano.

Aún así los valores más altos en invierno que en verano son proporcionales a la cantidad de luz recibida y la diferencia entre las habitaciones es notoria: Comparando el mes de Julio nos damos cuenta que la luminosidad en el sótano no llega nunca a 100 luxes -se queda en 93,1- que es la luminosidad mínima exigida para cualquier tipo de actividad. La media de iluminancia se situó en Julio en apenas 15 luxes, es decir, poco más que lo que se considera necesario como iluminación de emergencia. El otro mes de Julio aporta una luminosidad máxima de 330 lx, algo igualmente pobre para ser una habitación acristalada, y más si tenemos en cuenta que es un pico puntual y la media de iluminancia es más baja aún, de 87 lx. Ésta cantidad de iluminación no es suficiente para realizar ninguna actividad, que en este caso se considera en 500 luxes mínimo. No obstante, una iluminancia tan extraordinariamente baja en verano significa un aporte de calor igualmente bajo, lo que quiere decir que las medidas de aislamiento son realmente efectivas

En Diciembre tanto un sensor como el otro se comportan de manera parecida, en el sótano ni la máxima ni la media varían demasiado con 112 y 87 luxes respectivamente. El despacho supone unos valores de 1.875 lx de máxima y 200 de media. Semejante diferencia entre estos dos valores es plausible si entendemos que la luz de invierno es más tenue y suave que la del verano, a pesar de llegar de una forma más directa. Debido a ello solo aporta valores puntuales de gran luminosidad, cuando el sol está alto y tiene suficiente fuerza. El resto del día mantiene los valores bajos de la luz que llega tangencialmente.

Por último destacar que, ante la evidente carencia de luminosidad todos los acabados están realizados en blanco de tal manera que ésta se maximice en lo posible.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

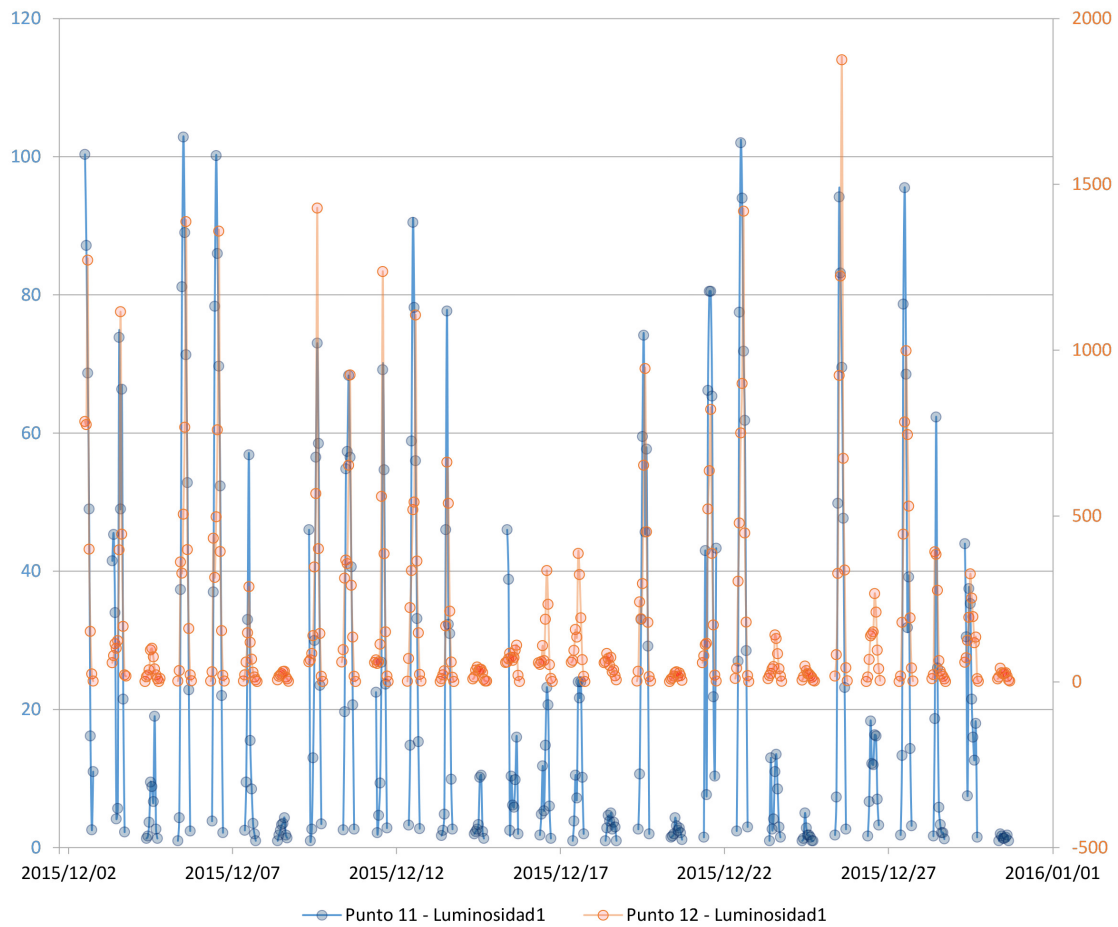


Fig 87. (Arriba)
Gráfico de luminisidad de Diciembre dividido en dos ejes, a la izquierda corresponde el Punto nº 11 y a la derecha el nº 12.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

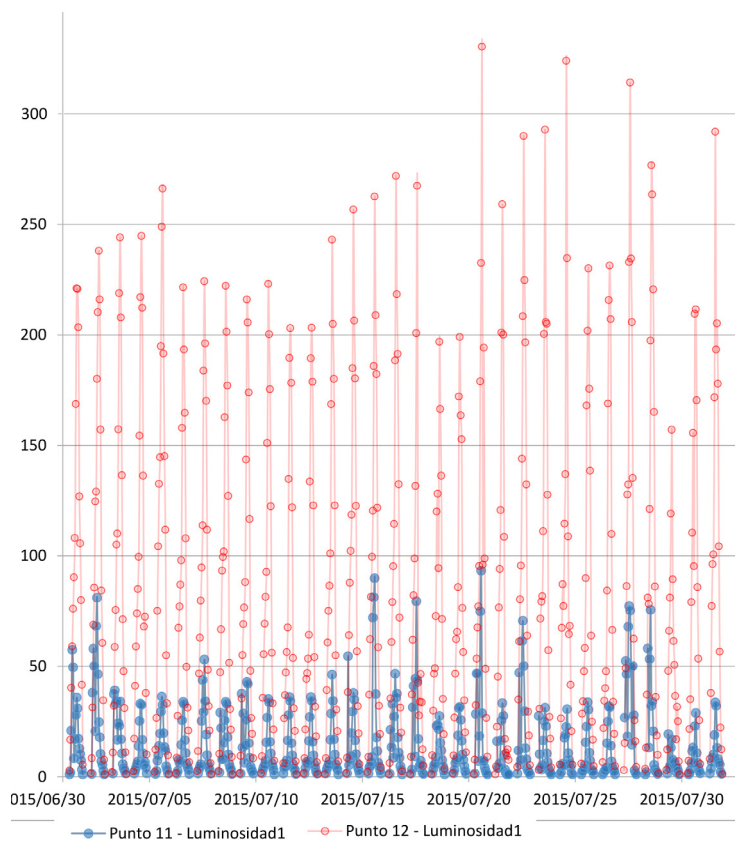


Fig 88. (Izquierda)

Gráfico de luminisidad de Julio.

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María le Real. Elaboración propia.

PRESENCIA

Este parámetro no tiene nada que ver con las características climáticas del edificio sino con el tipo y la frecuencia de uso del edificio o de cada una de las estancias. Se estudian el almacén de la planta sótano -P3- por una parte y el pasillo de entrada por la otra -P17-.

Antes de comenzar, aclarar que la gráfica, hubiera sido muy discontinua, puesto que únicamente registra datos cuando detecta movimiento, por lo tanto los periodos del en los cuales no está ocupado no existen valores. Siendo ese el caso se ha optado por una sucesión de puntos discretos en lugar de una línea que marque una tendencia. Otro aspecto a tener en cuenta es la programación del detector, el cual mandó datos cada hora en punto, y dichos datos son la media aritmética de las 4 mediciones realizadas cada 15 minutos, con lo cual aparecen números decimales.

A primera vista se deduce de la gráfica que tanto un sensor como el otro detectan un gran número de movimientos, como no podría ser de otro modo muy tupido en la base hasta los 20-25 movimientos por hora y conforme va ganando altura se va esponjando, a partir de los 60 ya casi no hay datos y solo puntualmente se sobrepasan los 80, -en el caso del punto 17 solo 3 veces, 64, 65 y 87-

Resulta curioso que, aunque más bajos se dan muchos más valores en el pasillo que en el almacén, sin embargo los picos del almacén son significativamente más frecuentes que los del pasillo. Por otra parte, al ser los primeros mucho más densos se puede observar una disminución en Julio y Agosto del número de personas captadas, coincidiendo con las vacaciones de verano. Con esta información se pueden sacar las conclusiones de que el sensor del pasillo, por su situación, su gran volumen de datos y su carencia de grandes valores, ya que refleja los movimientos de entrada y salida usuales de personal, y que este supone alrededor de 20 personas, ya que existe una especie de límite alrededor de los 40 movimientos que no sobrepasa casi nunca, -contando que una misma persona haga saltar el sensor unas dos veces-

Por otra parte en el almacén ocurre todo lo contrario, sus valores son mucho mas exiguos, por lo que avala el hecho de que no sea una sala estancial, pero sobrepasa los 60 movimientos por hora casi en exclusiva y en varias ocasiones alcanza los 99. Esto no indica una gran cantidad de gente, sino un periodo prolongado de carga y descarga o recogida de mercancía, donde las mismas personas son detectadas una y otra vez.

Si analizamos los periodos en los que no se nos dan valores, éstos empiezan a aparecer a las 8:00 de la mañana y remite totalmente entre las 7 y las 8 de la tarde, aunque desciende en gran medida el número de personas a partir de las 3. Es decir, la jornada laboral comienza a las 8 de la mañana, termina a las 3 de la tarde y en muchas ocasiones hay gente trabajando fuera del horario laboral.

En la página siguiente se muestran las gráficas

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

En lo referente al intradía, aparte de lo ya dicho hay que hacer notar los máximos en cada punto.

Por una parte en el sensor del pasillo el punto máximo es a media mañana, alrededor de las 11, coincidiendo con el momento de pausa. Además se observa que tiene más valores y más bajos que el punto 3

Por la otra parte el punto máximo del almacén es entre las 8 o las 9 de la mañana de media, en función del día -en este caso fue un poco más tarde al de las 9:30-, momento de inicio de la jornada y, por ende momento de hacer acopio de material para comenzar a trabajar.

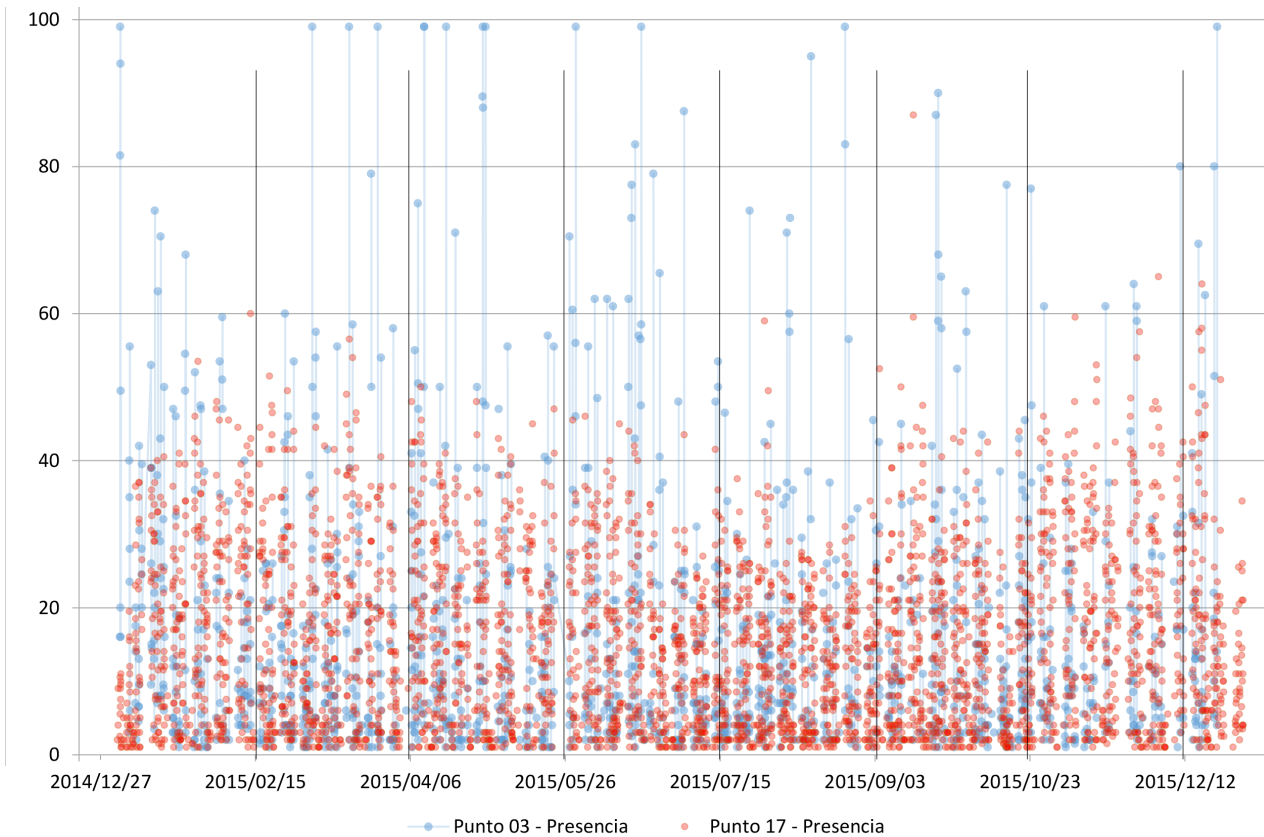
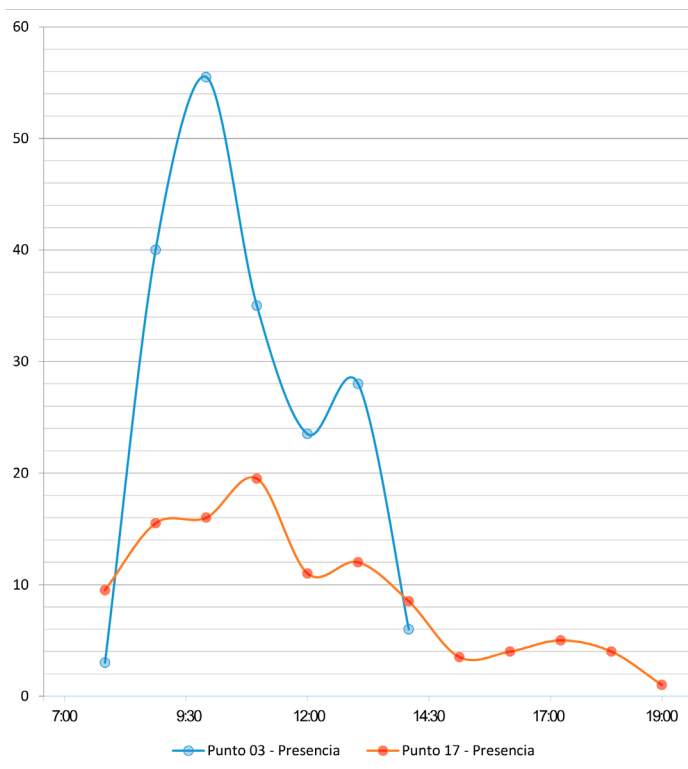


Fig 89. (Arriba derecha) Gráfica de presencia a lo largo de un día

Fig 90. (Abajo) gráfica de presencia anual

Fuente: Datos cedidos por la Fundación Santa María la Real. Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES

9.1 CONCLUSIONES ACERCA DEL SISTEMA MHS

El sistema MHS se presenta en el mercado como un sistema innovador en el ámbito de la conservación patrimonial, ha sido desarrollado y patentado por una empresa especializada en patrimonio, tanto en catalogación, como restauración y documentación, como una propuesta única en su género y, debido a ello, en cierta medida experimental. Sirva este trabajo para valorar el sistema.

9.1.1. *Ventajas e inconvenientes*

La principal ventaja y el objetivo que ofrece este sistema es el control estricto, inmediato y en tiempo real, de una cantidad indefinida de edificios monumentales dispersos por el territorio desde un único punto en la sede de la Fundación.

En la parte técnica de hardware la monitorización inalámbrica permite olvidarse prácticamente del mantenimiento de las instalaciones y camuflarlas con el ambiente así como en la de software permite gestionar los datos desde cualquier dispositivo móvil. Por otra parte la gran cantidad de datos generada permite cruzarles y analizar las causas de una serie de ellos en función de los efectos provocados en otros, realizando un diagnóstico muy eficaz.

Dado que el objetivo último es evitar el deterioro y la intervención, se programaron una serie de algoritmos que analizan los datos recogidos en busca de tendencias para prevenir posibles lesiones antes de que aparezcan. Como ventaja específica y diferenciadora respecto a la competencia, mencionemos que las alarmas pueden saltar antes de que aparezca la lesión. A mayores, generan informes automáticos, ofreciéndote información resumida del estado actual y evitando, en cierta medida, la gestión de interminables datos.

Estos interminables datos también se pueden ver como desventaja, ya que dichos informes automáticos únicamente dan una visión general y totalmente computerizada, sin juicios, por lo tanto solo son útiles cuando dicho informe arroja un resultado de “todo correcto”, -lo cual suele ser habitual-, por lo tanto, cuando son realmente necesarios, a la hora de realizar un diagnóstico no evitan tener que acotar el problema, a mano. De cualquier forma la realización de informe nunca podría depender de una máquina.

El almacenamiento de datos es otra de las desventajas, dado la ingente cantidad de ellos y la escasa utilidad de la mayoría - lo que hoy son valiosos datos, dentro de dos años será la constatación de que, por ejemplo durante los años 2014 y 2015, ni en Mave, ni en otros 5 edificios monitorizados pasó nada- ocupando una gran cantidad de espacio únicamente para aportar datos estadísticos. Un problema que presumiblemente aumentará al incluirse cada vez más edificios a la red de MHS, multiplicando exponencialmente los datos y la farragosa gestión de los mismos. Otra desventaja es la característica de instalación experimental, con el consecuente descubrimiento de fallos no previstos y su posterior reparación, aunque fuera algo de esperar.

9.1.2 *Perspectivas a futuro*

Una parte muy importante del trabajo experimental consiste en comprobar los aciertos y los fallos del proyecto, así como sus posibles fortalezas de cara a una posible ampliación o mejora.

En este aspecto las perspectivas de futuro del sistema MHS pasan por mejorar el sistema de algoritmos, para que estos sean más selectivos, más precisos y detecten o sugieran alguna causa del deterioro para reducir en lo posible la gestión de datos. Paralelamente se ha puesto en marcha el Proyecto Románico Atlántico que utiliza los inmuebles patrimoniales restaurados y monitorizados como eje vertebrador para el desarrollo del medio rural, y, dado que existen proyectos tanto en Portugal -Oporto- y Francia - Bayona- intentar expandir el sistema y darse a conocer internacionalmente.

A mayores, dado que es un sistema orientado a la gestión de edificios, también es aplicable a otros campos de la arquitectura como puede ser la rehabilitación de edificios de viviendas, respecto del cual se ha indexado una breve introducción en un anexo.

9.2 CONCLUSIONES ACERCA DEL TRABAJO

Este trabajo es presentado en marco de un Trabajo Fin de Grado, con marcado carácter educativo y divulgativo. Se ha abordado el tema de la monitorización que, si bien plenamente desarrollado a nivel comercial, aún no lo está desde el punto de vista de la arquitectura, siendo necesario enunciar sus principios de funcionamiento y características principales, por su desconocimiento entre el gran público.

Como trabajo de redacción en sí mismo este estudio ha posibilitado el uso de unas herramientas y habilidades en ámbito de la investigación muy útiles, puesto que, en este caso, he tenido que comenzar desde el principio, casi sin ningún conocimiento previo ni idea acerca del tema principal. Por otra parte también ha sido posible desarrollar la colaboración con la empresa Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico.

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

10. ANEXO I. RELACIÓN DE PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA ARQUITECTURA. TABLAS

Una vez conocido el sistema queda patente la gran cantidad de variables y parámetros de los cuales han de responder.

Sin embargo queda en el aire la cuestión de a cuales, de entre todos fenómenos físicos, ambientales o naturales hemos de prestar atención a la hora de monitorizar un elemento de arquitectura, ya sea una vivienda o un BIC, por lo que se exponen una serie de parámetros, en modo de tablas, que afectan tanto a la arquitectura como a sus usuarios, ya sean personas o bienes muebles de valor - retablos o esculturas- que hay que proteger de la acción del medio físico y para lo cual se hace necesaria la instalación de equipos de control y medida. Así como las razones por las cuales tal parámetro es importante y alguna solución del problema que su descontrol genera.

A continuación se desarrolla el anexo mediante la presentación de todos los datos en tablas para facilitar su lectura.

TEMPERATURA			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf 17°C Sup 27°C	Afecta al confort interior de la vivienda y al mantenimiento de una temperatura agradable durante todo el año.	La incorporación de aislamiento térmico es la mejor solución, puesto que evita tanto la pérdida de calor en invierno como la ganancia en verano.	Confort térmico; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
	Al provocar condensaciones afecta a la salud en la medida en que propicia la aparición de alergias y enfermedades respiratorias como el asma	Mantener un ambiente seco y ventilado.	
BIENES MUEBLES Límites Inf No Sup 22°C	Afecta a su estado de conservación, alterando las propiedades respecto de las cuales fue fabricado.	Ventilar para permitir la entrada de aire limpio. Mantener una temperatura relativamente constante del objeto, en un rango desde los 18°C hasta los 26°C para evitar alterar el contenido humedad haciéndolo más quebradizo o elevar la temperatura obligando a una refrigeración constante.	-----
BIENES INMUEBLES Límites Inf 12°C Sup No	Afecta a las propiedades de los materiales de construcción provocando dilataciones, heladicidad y condensaciones, etc.	Aislar térmicamente los paramentos puesto que la temperatura afecta tanto a los materiales en sí como a la relación de unos con otros, propiciando un rápido deterioro del edificio si se expone a cambios bruscos de temperatura	Tabla para obtener los puntos de rocío; H. CELEMIN, Alberto, Licenciado en Ciencias Meteorológicas)
	Las condensaciones se forman únicamente en invierno ya que en verano el aire casi nunca se satura de vapor.	Evitar producir vapor en lo posible y ventilar varias veces e igualar la resistencia térmica de todo el conjunto del cerramiento puesto que el vapor se condensará en donde la resistencia sea menor, es decir en un puente térmico.	

TEMPERATURA (CONTINUACIÓN)				
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE	
BIENES INMUEBLES	Si se prolongan [las condensaciones] en el tiempo acompañadas por una alta temperatura interior aparecerá moho al darse las condiciones idóneas para su proliferación provocando enfermedades respiratorias como asma	Cambiar las carpinterías, ya que al no ser estancas producen filtraciones de aire frío exterior, además, al ser generalmente de aluminio sin RPT son conductoras de calor por ser metálicas. Por otra parte, la luna de vidrio no es aislante al ser una única hoja y no disponer de cámara de aire.		
	La heladicidad depende de la impermeabilidad del ladrillo, normalmente casi nula en edificios de los años 60.	Colocar un aislante de alta capacidad en los puentes térmicos		
	Límites Inf NO Sup 40°C	Cuando el ladrillo absorbe agua, al bajar las temperaturas por la noche, esta aumenta de volumen al congelarse y rompe el ladrillo, desprendiéndolo del paño al que pertenece, o bien resquebrajando y precipitando una parte del mismo al suelo, favoreciendo así la continuidad del proceso al dejar abierta una vía de entrada a agentes externos.	Toda solución pasa por protegerlo del ambiente agresivo para evitar que futuros deterioros afecten al confort interior. Proteger el muro mediante la aplicación de un mortero hidrófugo con posterior acabado.	
		El incremento de temperatura que provoca la exposición constante al sol de una fachada en verano provoca que esta se expanda por dilatación y, si no se le permite moverse, empujará el paño perpendicular con el que este trabado rompiéndolo al cabo de un tiempo, al no estar diseñado para resistir empujes horizontales.	Existen dos opciones: Bien permitir que la fábrica se mueva libremente al dilatarse o bien impedir que se caliente para que no se mueva por dilatación. Es preferible la segunda opción, pero más sencilla la primera. creando una junta de dilatación mediante rotura y posterior relleno con silicona	

HUMEDAD RELATIVA			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf 30% Sup 70%	Provoca la aparición de reuma Provoca problemas respiratorios como asma además de problemas ligados a la aparición de bacterias o mohos.	Ventilar para evitar que el vapor de agua se acumule y sature la estancia dando lugar a las afecciones propias de la humedad.	Calidad del ambiente interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo
BIENES MUEBLES Límites Inf 20% Sup 60%	Provoca la aparición de agentes bióticos como mohos o xilófagos que degradan rápidamente los objetos. La saturación de vapor que produce las condensaciones reduce la vida útil de los objetos de madera, propicia la aparición de xilófagos y la podredumbre temprana.	En primer lugar aplicar productos biocidas para eliminar los mohos o bacterias que pudiera haber, y en segundo lugar ventilando la estancia para evitar que se acumule humedad suficiente como para atraer agentes bióticos una vez más. Instalar deshumidificadores	MARTIARENA, Xabier; <i>Conservación y Restauración, Artes Plásticas y Documentales 10. Donostia 1992, pp 185</i>
BIENES INMUEBLES Límites Inf No Sup 80%	Genera condensaciones en un paramento, así como heladicidad, o retracción por humedad. También afecta al acero estructural, provoca corrosión, pérdida de sección y capacidad resistente.	Colocar una barrera de vapor (BV) en la cara interior del paño para evitar que este penetre y lo dañe o predisponga a padecer humedad, aparición de mohos. Proteger el acero de la humedad, existen infinidad de materiales para aislarlo del agua.	Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios Instituto Torroja Corrosión atmosférica de metales. efecto de parámetros meteorológicos, pp3 B. Chico, D. de la Fuente, J. Simancas y M. Morcillo

RADIACIÓN SOLAR UV			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 8h	En exceso es la principal fuente de problemas cutáneos, desde dermatitis, pasando por quemaduras hasta melanomas -cáncer de piel- Al provocar condensaciones afecta a la salud en la medida en que propicia la aparición de alergias y enfermedades respiratorias como el asma	Evitar exponerse en exceso a la radiación solar en horas centrales del día y usar protector de protección solar como cremas o lociones. Protegerse de la luz solar en la vivienda Mantener un ambiente seco y ventilado.	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo Radiaciones ópticas, criterios de evaluación.
BIENES MUEBLES Límites Inf: No Sup $\mu\text{W}/\text{lm}$	La exposición a la radiación UV degrada lentamente estos bienes muebles, además un exceso de radiación prolongado puede generar quemaduras o fundir plásticos.	La solución consiste en regular la exposición de determinados bienes a la luz solar o directamente, evitar que ésta entre en contacto con ellos. Uso de filtros solares en las carpinterías y huecos.	Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos Ministerio de Cultura
BIENES INMUEBLES	Aumenta drásticamente su temperatura incrementando la aparición de patologías ligadas a esta.	Proteger el edificio de la luz solar, mediante sombra, ya sea de otros edificios creando calles estrechas o pintándolo de blanco para reflejar calor	-----
HUMEDAD DEL SUELO			
PERSONAS	No afecta	No procede	-----
BIENES MUEBLES	La humedad puede ascender por capilaridad favoreciendo la aparición de Xilófagos	Ejecutar en el muro una cámara bufa, de tal manera que se genere una vía de escape a la humedad.	-----
BIENES INMUEBLES	Afecta la cimentación del edificio, ya que la cantidad de agua bajo él puede variar, llevándose parte el terreno que le sujeta cuando falta o empujándolo cuando sobra y causando asientos diferenciales.	En caso de que se hayan producido movimientos diferenciales se puede recalzar la cimentación mediante inyección de hormigón.	-----

PRECIPITACIONES			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf 30% Sup 100%	Un exceso de precipitaciones que conlleve un elevado grado de humedad afecta a la salud	Controlar la humedad de la vivienda asegurándose de que no sobrepasa el límite adecuado para el confort, mediante la instalación de deshumidificadores y la ventilación regular.	Calidad del ambiente interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo
BIENES MUEBLES	Alejados de las ventanas no afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	Un exceso de lluvia puede provocar una humectación permanente del muro introduciendo humedad en el edificio También afecta al acero estructural, provoca corrosión, pérdida de sección y capacidad resistente.	Aplicar productos hidrofugantes en el paramento para impermeabilizarlo. En casos extremos recurrir a fachadas pluviales, es decir la continuación del material de cubierta en fachada por su impermeabilidad.	-----
NIVELES DE RUIDO			
PERSONAS Límites Inf No Sup 40-85dB (Según uso de suelo)	Afecta a la salud pudiendo causando malestar, estrés e incluso alteraciones del ritmo cardiaco	Cambiar las carpinterías por otras más estancas según en DB-HR En el caso de ruido de impacto sería necesario levantar el pavimento del piso superior, colocar una banda elástica que absorba los impactos y volver a colocar el pavimento.	Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre; ANEXO III, <i>Emisores acústicos. Valores límite de inmisión</i>
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----

SALINIDAD			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS	No afecta	No procede	
BIENES MUEBLES	La sal depositada, al ser higroscópica mantiene el índice de H.R. alto, facilitando el desarrollo de microorganismos. Estas pequeñas partículas crean en su entorno manchas, corrimientos, etc	Colocar un sistema de ventilación mecánica para filtrar todas las sales dañinas para el objeto. Colocar deshumidificadores, para que la sal contenida en el vapor de agua precipite en el suelo	MARTIARENA, Xabier; <i>Conservación y Restauración, Artes Plásticas y Documentales 10., pp 186</i>
BIENES INMUEBLES	Ataca a las fachadas de los monumentos históricos realizadas en piedra. Las sales (SO ₂) en presencia del agua atmosférica forman ácidos (H ₂ SO ₄) potentes que desgastan los sillares produciendo oquedades, manchas y desperfectos	Evitar retirar la pátina que la mayoría de edificios históricos posee ya que consiste en una capa protectora contra el ambiente agresivo. Aplicar productos pasivantes a la piedra que no reaccionen con los ácidos que puedan llegar a darse en el entorno cercano del monumento.	MARTIARENA, Xabier; <i>Conservación y Restauración, Artes Plásticas y Documentales 10., pp 207</i>
	Límites Inf No Sup Entre 0.14-0,50% en peso de hormigón	Ataca a las estructuras de hormigón armado, reacciona químicamente con el hormigón, poco a poco hasta llegar a las armaduras de acero, y, una vez allí estas comienzan a oxidarse en presencia de sales conductoras, se hinchan y rompen el recubrimiento que les protegía, dejándolas totalmente expuestas. Entonces, la oxidación aumenta perdiendo cada vez más sección resistente que se convierte en inútil óxido de hierro.	Proteger el acero de los agentes externos que lo puedan oxidar mediante la restitución del recubrimiento perdido, con morteros especiales y resinas diseñados para la reparación de estructuras de hormigón. Se recubre el elemento afectado con 1 ó 1.5cm de mortero-cola o resina epoxi volviendo a proteger las armaduras de acero, a continuación se coloca sobre esta capa otra de mortero convencional, para protegerlo en caso de incendio, puesto que estos productos no resisten bien las altas temperaturas.

VIBRACIONES			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 80 Hz	Afecta a todo el cuerpo ocasionando problemas como lumbalgias, enfermedades gástricas, pérdida de agudeza visual o de tiempo de reacción.	Aislarse de la fuente de la vibración, impidiendo que esta se transmita a otros elementos mediante muelles o manguitos absorbentes.	NTP 784 <i>Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort.</i>
BIENES MUEBLES	Puede llegar a entrar en resonancia con la vibración y fracturarse.	Apoyando el objeto en materiales absorbentes o aislarlo mediante muelles.	-----
BIENES INMUEBLES Inf: No Sup: 8-40Hz Depende el uso	Varía desde pequeñas vibraciones hasta terremotos. Se transmiten por elementos rígidos como los pilares de la estructura pudiendo llegar a cizallarlos.	La maquinaria que provoca las vibraciones (maquinaria de ascensores, grandes equipos de aire acondicionado) tiene que estar aislada mediante apoyos de neopreno que se deformen y absorban toda la energía de la vibración.	CTE-DB-SE-Cimientos, tabla 2.5
	En el caso de vibraciones más pequeñas (admisibles por la armadura del pilar) esta se trasmite por elementos menos rígidos como tuberías pudiendo llegar a romperlas igualmente y provocar fugas de agua o gas. Aún si no se rompen transmiten ruidos molestos muy difíciles de detectar	Las tuberías y elementos que pueden resonar con la fuente de vibración deben estar apropiadamente anclada con abrazaderas para impedir su movimiento	

PRESIÓN DE VAPOR			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS	No afecta	No procede	-----
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES Límites Inf: No Sup: 17.5mmHg a 20°C	La diferencia de temperaturas, y en consecuencia de presiones a ambos lados de un cerramiento provoca que el vapor ejerza presión en el mismo buscando el equilibrio, y este equilibrio lo puede encontrar por el camino alojándose en el paramento y provocando condensaciones intersticiales.	Colocar una barrera de vapor (papel craft o papel de aluminio) en la cara interior del paramento. Azulejar la pared para que el vapor se condense sobre los azulejos y no llegue más lejos. Como vía de escape al vapor de agua que pueda estar contenido en el cerramiento, dejar de poner una llaga cada 10 ó 12 ladrillos.	<i>Permeabilidad al vapor de agua, permeancia y factor de resistencia.</i> Armacell, Ficha técnica 11
ELECTRICIDAD ESTÁTICA			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Sup: 10mJ	Provoca una descarga eléctrica de baja intensidad en función de la carga que tenga el objeto	Evitar la sequedad de la piel puesto que al carecer de humedad se acumula más electricidad.	Riesgos frente a la electricidad estática. INST
BIENES MUEBLES Sup: 5 kV	Una descarga eléctrica causa daños en equipos informáticos	Colocar juntas metálicas en los pavimentos de manera que descarguen la electricidad al suelo	Procainsa S.A control de los rayos y de las sobretensiones transitorias Punto 3.6
BIENES INMUEBLES	No afecta, es demasiado poca la cantidad de electricidad como para afectar a un inmueble.	Asegurarse de disponer de una adecuada toma de tierra y unas líneas de evacuación equipotenciales.	-----

EMISORAS DE RADIO			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf: No Sup: 450-1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	La emisión de radiación causa cambios eléctricos en las membranas celulares del cuerpo, con el consiguiente efecto fisiológico. El papel de las emisiones de radio como agente cancerígeno aún es polémico, sin embargo se recomienda prudencia	Eliminar las antenas de radio del edificio.	Informe SATI "Límites de exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia" pp13, tabla
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----
VELOCIDAD DEL VIENTO			
A QUIEN AFECTA	COMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Inf 0.12m/s Sup 0.35m/s	Afecta al confort interior ya que provoca infiltraciones de aire por las carpinterías y crea corrientes de aire en el interior de la vivienda	Cambiar las carpinterías por otras más estancas que impidan el paso sin control de aire	Hojas técnicas de ventilación (S&P Vantilation Group)
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES Inf No Sup 20m/s	Tiene especial importancia cuando el edificio es alto ya que genera empujes importantes pudiendo afectar negativamente a la estructura o al apoyo del cerramiento. Además provoca filtraciones empujando el agua de lluvia dentro del edificio	Apear el muro de cerramiento añadiendo un perfil metálico para ayudar al forjado a sujetarlo. La solución a las filtraciones de agua pasa por revestir la fachada de mortero hidrófugo para impermeabilizar el paramento.	Calidad del ambiente interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo

AGENTES BIOLÓGICOS			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS	Son causantes de multitud de enfermedades, variando desde un catarro común hasta muy graves por picadura de mosquito portador pasando por reuma causado por mohos o líquenes	En el caso de agentes más complicados de erradicar hay que usar productos biocidas para eliminarlos y a continuación ventilar bien e impedir que se den las condiciones para que vuelvan a aparecer	
BIENES MUEBLES	Se alimentan de las fibras naturales de las que está compuesto provocando la destrucción total del mismo	Controlar estrictamente la temperatura y humedad por debajo o por encima de la temperatura de confort del organismo para crear un ambiente hostil para él.	
BIENES INMUEBLES	Perforan, deterioran y/o pudren los elementos del inmueble (pañós de cerramiento de ladrillo o adobe, soleras o pilares y vigas de madera) donde se encuentra una posible fuente de alimentación intentando llegar hasta ella	Emplear cebos con veneno fuera del edificio; tanto para evitar la entrada de los organismos como para intentar eliminar la colonia del organismo invasor al conseguir que estos lleven allí el veneno.	
	Las termitas atacan principalmente la parte blanda de maderas húmedas, incluso llegan a transportar agua para mantener la humedad adecuada para su alimentación.	Introducir iluminación natural puesto que la mayoría de organismos son fotofóbicos	
	Las carcomas son mucho menos agresivas, utilizan la madera como refugio donde pasan su estado de pupa en pequeñas galerías. Es extraño que perforan más allá de la superficie de la madera.	Controlar la humedad, evitar las goteras y ventilar las cabezas de las vigas de cubiertas, puesto que son las que más humedad pueden almacenar, constituyendo un foco ideal para la infección.	

CONCENTRACIÓN DE CO			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 22ppm	Es tóxico para el ser humano y puede llegar a ser mortal en altas cantidades. Se adhiere mucho mejor a la hemoglobina en la sangre que el oxígeno desplazándolo. Al no poder transportar oxígeno provoca la muerte por asfixia.	Hay que ventilar eficientemente, sobre todo si se dispone de caldera no estanca, puesto que es un subproducto de una mala combustión. Hay que desconectarla y realizar el mantenimiento periódico	BOE núm. 96, de 22 de abril de 1975. Anexo 1, punto 6.1
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----
CONCENTRACIÓN DE CO₂			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Inf No Sup 3.000ppm 5.000ppm	Es más pesado que el aire, por lo tanto su acumulación puede llegar a causar asfixia al desplazar el oxígeno a las partes altas de la habitación. Para cuando la concentración de CO ₂ llega a 3.000ppm la concentración de CO es inadmisibile, aunque de CO ₂ no lo sea (hasta 5.000ppm).	Hay que ventilar eficientemente, mediante rejillas situadas cerca del suelo para evitar que el gas se acumule. Prestar especial atención a garajes y sótanos enterrados, por ser espacios que, al estar muy bajos acumulan CO ₂ . Implementando sistemas de ventilación forzada	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, parrafo 2
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----

RADÓN			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 1mSv/año	El radón es un gas radiactivo de origen natural que altera los procesos metabólicos. Como cualquier otro agente radiactivo, en altas dosis y largo tiempo de exposición puede llegar a causar cáncer.	Ventilar de una manera constante para evitar su acumulación. Sin embargo solo afecta a sótanos en roca viva sin revestir	Real Decreto 783/2001, de 6 de julio; Artículo 13. <i>Límites de dosis para los miembros del público.</i>
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Inf No Sup	Afecta a las vías respiratorias y provoca daños por inhalación.	Colocar filtros en las ventanas de diferente tamiz para detener las partículas y asegurar un aporte limpio de aire.	Real Decreto 102/2011, de 28 de enero; Anexo 1 C: <i>Valores límite de las partículas PM10 en condiciones ambientales para la protección de la salud.</i>
	En última instancia son consideradas alérgenos para algunas personas.	Instalar un sistema de ventilación mecánica con filtros adecuados al ambiente externo de la vivienda y a las exigencias más estrictas del mercado.	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	En grandes cantidades provoca ensuciamientos por gravedad.	Limpieza regular de la fachada mediante mangueras de agua a presión	-----

ILUMINACIÓN			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites	La luz excesiva produce desde mareos hasta daños en la retina o la córnea (conjuntivitis, cataratas).	Evitar la exposición directa a la luz mediante viseras o gafas de sol.	Instituto de Seguridad e Higiene en el trabajo: <i>Calidad del ambiente interior</i> , pp 10 tabla.
	La luz artificial produce muchos más deslumbramientos y una gran fatiga visual.	Regular la entrada luz natural en la vivienda y no abusar de la luz artificial, utilizando los flexos a cierta distancia.	
BIENES MUEBLES Límites	Una exposición directa e intensa a luz degrada paulatinamente el policromado del bien, incluso puede llegar a quemar tejidos. Los colores más sensibles pueden llegar a desaparecer tras varias horas de luz intensa.	Colocar lámparas halógenas empotradas con filtros así se consigue un IRC cercano a 100 y se evita la exposición directa al bien a proteger	MARTIARENA, Xabier; <i>Conservación y Restauración, Artes Plásticas y Documentales 10. Donostia 1992</i> , pp 187
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----

DEFORMACIÓN ESTRUCTURAL			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 5cm de desnivel	Afecta a la accesibilidad, la seguridad y comodidad de uso de un inmueble, ocasionando pérdida de horizontalidad, desplomes de muros y movimientos inadecuados de pavimentos o escaleras.	Comprobar que el elemento que se ha desplazado no se mueve más. Posteriormente, levantar el pavimento (en su totalidad o no) y colocar una capa de mortero de nivelación, para asegurar la horizontalidad cuando se reponga de nuevo.	CTE-DB-SUA
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES Inf: No Sup: Flecha 1/300 1/500 Desplome 1/500	<p>El movimiento de la estructura del edificio, salvo casos extremos, no es peligroso en sí mismo, sin embargo, afecta considerablemente al resto de sistemas constructivos ya que los obliga a comportarse de una manera para que no han sido diseñados: los rompe o los desplaza, formando multitud de variadas grietas, exponiéndoles a las inclemencias del tiempo y acelerando su degradación.</p> <p>La solución no es impedir que le estructura de mueva, puesto que se tiene que mover (la otra opción es que se rompa) sino más bien, en impedir que el movimiento afecte a los elementos sustentados por la estructura.</p>	<p>Una solución posible consiste en recubrir el cerramiento afectado con mortero armado de fibra de vidrio para absorber los movimientos que éste último no ha sido capaz y así reparar las grietas al tiempo que se protege el paramento de futuros desperfectos.</p> <p>Respecto las grietas en los tabiques la mejor solución es volver a ejecutar dicho tabique una vez la la flecha se ha estabilizado.</p>	CTE-DB-SE1 pp 12 y 13

CORROSIÓN DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup	El oxígeno disuelto en el agua junto con las sales minerales también disueltas y el propio agua de la instalación forman una pila electrolítica que transforma el metal puro en escamas de óxido de metal, estas las arrastra el agua de la instalación dejando una pared de tubería cada vez más fina hasta su desaparición. Como consecuencia contamina el flujo de agua para el consumo, al arrastrar partículas de óxido consigo.	Evitar la humedad alrededor de las tuberías puesto que esta se condensará en ellas y facilitará la corrosión Filtrar el agua del grifo puesto que el óxido es insoluble en agua	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	La corrosión localizada del metal de la tubería produce picaduras que terminan por abrir un orificio y provocar un fuga, afectando a la calidad y habitabilidad del edificio	Sustitución edl elemento afectado, previo reconocimiento del resto de la instalación	

DEPÓSITOS INTERIORES DE CAL U OTROS MATERIALES			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS	Aparecen con el tiempo en función de la cantidad de cal disuelta en agua y se adhieren a las paredes de las tuberías de agua contaminándola, puesto que esta los arrastra consigo hasta los puntos de consumo.	Filtrar el agua del grifo puesto que estos compuestos (carbonatos) suelen ser insolubles en agua, sin embargo no son peligrosos según la OMS. Realizar el mantenimiento apropiado mediante la disolución de los depósitos cacareos	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	Aumenta considerablemente la fricción al tiempo que disminuye la sección, aumentando la cantidad de energía necesaria para hacer llegar el agua con la presión y la cantidad adecuada a cada punto de consumo.	Sustituir los materiales de la instalación	
ROTURA DE INSTALACIONES			
PERSONAS	provoca una pérdida económica puesto que la rotura vierte incontroladamente agua que abona el consumidor.	La sustitución de la instalación completa siempre es preferible a su reparación llegados a este punto.	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	Provoca filtraciones de agua hacia el terreno, lo cual deriva en asientos diferenciales por alteración de la humedad.	Drenar el terreno con bombas extractoras de tal manera que regrese a su estado habitual sin la presencia de agua en exceso.	

OBSOLESCENCIA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 50 años	<p>Una instalación eléctrica antigua conlleva unos materiales aislantes deteriorados y mal escogidos para la normativa actual, puesto que en el mejor de los casos al calentarse emiten gases tóxicos, y, en el peor, arden generando y trasladando un incendio por toda la vivienda con mucha rapidez. El riesgo de fuego eléctrico es más alto conforme más edad tenga el edificio.</p> <p>Como afección menos preocupante están los continuos saltos del ICP al no estar dimensionada la red con los consumos actuales de la vivienda.</p>	<p>La sustitución de la instalación es lo más recomendable llegados a este punto</p>	
BIENES MUEBLES	<p>En caso de fuego eléctrico son un combustible ideal para la propagación del mismo.</p>	<p>No procede</p>	<p>-----</p>
BIENES INMUEBLES	<p>La instalación de electricidad suele correr anclada a los pilares y por las esquinas, elementos vulnerables a las condensaciones por ser puentes térmicos, con lo que no es raro encontrar cables junto a humedades, con el riesgo de cortocircuito que ello significa.</p>	<p>La sustitución de la instalación es lo más recomendable llegados a este punto</p>	

CONSUMO DE GAS NATURAL			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Límites Inf No Sup 22ppm	Es, junto con el consumo eléctrico, el aporte principal de energía de la vivienda, por lo que supone un montante importante en la factura del hogar. El consumo de energía se considera muy ineficiente cuando ambos, ente luz y calefacción más ACS suponen el 30% de los ingresos del consumidor, si suponen un 50% o más se considera que el consumidor sufre “pobreza energética”	Sustituir las caldera convencionales por calderas de condensación, que aprovechan el calor de evaporación del agua y obtienen un rendimiento nominal de más del 100%	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----
CONSUMO DE ELECTRICIDAD			
A QUIEN AFECTA	CÓMO AFECTA	SOLUCIÓN / RECOMENDACIÓN	FUENTE
PERSONAS Inf No Sup 3.000/5.000	Es, junto con el consumo de gas el aporte principal de energía de la vivienda.	Ajustar la potencia contratada al consumo real del inmueble Sustituir los electrodomésticos y la iluminación por otros más eficientes tipo A o superior.	
BIENES MUEBLES	No afecta	No procede	-----
BIENES INMUEBLES	No afecta	No procede	-----

ANEXO. PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO

11. ANEXO II. INTRODUCCIÓN DE MHS EN LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDA.

11.1 PARQUE EDIFICADO EN ESPAÑA

11.1.1 *Estado del parque edificatorio en España*

Desde los años 60 hasta hace muy poco tiempo, el sector de la construcción en España ha sido visto como la producción de nuevos edificios destinados a cumplir la creciente demanda de vivienda. Dicha demanda, al contrario que en la segunda mitad del siglo XX, responde en los años anteriores a la crisis de 2008 a necesidades de 2º o 3º vivienda o especulación inmobiliaria, en lugar del crecimiento demográfico real, por lo que se ha producido un gran excedente de vivienda nueva al tiempo que una degradación de vivienda antigua. Actualmente el parque edificatorio en España afronta 2 problemas principales: un abundante stock de vivienda nueva sin usar y una progresiva degradación de vivienda antigua habitada por personas de avanzada edad, cada vez con mayores problemas de confort y accesibilidad.

11.1.2 *Calidad del parque edificado en la actualidad*

Históricamente, en España se ha construido rápido para dar salida a nueva vivienda, es decir, se ha prestado mucha más atención a la cantidad que en la calidad. El resultado es un parque edificatorio bastante deficiente si lo comparamos con los estándares de eficiencia o confort actuales.

Según un estudio coordinado por el Green Building Council España (GBCe) , existen 26 millones de viviendas en España de los cuales 15 millones tienen más de 30 años y 6 millones de entre esos 15 tienen más de 50 años.

Esto significa que una parte significativa de la vivienda se ha construido sin, por ejemplo, un sistema de calefacción o un ascensor en el caso de edificación en altura.

11.1.3 *Necesidad de rehabilitar*

La crisis de 2008 y el fin del “boom” inmobiliario ha puesto de manifiesto la necesidad de reconfigurar el sector de la vivienda, de un sector productor hacia otro dedicado a la creación y el mantenimiento de la habitabilidad necesaria.

Este cambio de mentalidad implica intervenir en la mayoría del parque edificatorio en España para adaptarlo a las nuevas exigencias de la sociedad, tales como ahorro de energía, control del soleamiento o iluminancia, o eliminación de patologías constructivas (humedades, mohos, goteras, etc.) Estas exigencias incluyen la inclusión de algunas instalaciones que se desconocían en el momento de la construcción del edificio como las telecomunicaciones o un aumento importante del consumo eléctrico.

La actuación en estos campos implica un importante ahorro económico y al tiempo que una gran mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

11.2 LA REHABILITACIÓN EN LA NORMATIVA

11.2.1 *Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.*

Sustituye el ITE (Inspección Técnica de la Edificación) por el Informe Evaluación de Edificios (IEE) desarrollándolo en 3 apartados: Evaluación del estado de conservación de los edificios, que regula la necesidades intervenciones en un edificio para mantener su estabilidad; Accesibilidad, relativo a la supresión de barreras arquitectónicas, e Informe de certificación energética, que evalúa el consumo de energía de un edificio e intenta disminuirlo mediante medidas de eficiencia energética.

Además fomenta el uso de las energías renovables y modifica la Ley de Propiedad Horizontal para bonificar a aquellos que opten por la rehabilitación.

11.2.2 *Real decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el código técnico de la edificación*

Es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

Documentos Básicos en relación a las exigencias, de los cuales los que afectan son:

DB-SUA: Establece las exigencias en el ámbito de accesibilidad y seguridad de utilización, como disposición de ascensores y rampas (no se permiten peldaños)

DB-HR: Establece reglas, procedimientos y exigencias a cumplir en relación con la protección frente al ruido.

DB-HE1: Establece normas y exigencias en materia de eficiencia energética y ahorro de energía mínimo en función de la localización del edificio.

11.2.3 *Directrices europeas. Objetivo 20-20-20*

Es un objetivo vinculante de la UE en el cual los Estados miembros se comprometen a reducir un 20% el consumo de energía final así como la emisión de GEI (Gases de Efecto Invernadero) y usar fuentes renovables para producir un 20% de la energía para 2020.

En este panorama de ahorro y eficiencia energética el sector de la edificación supone para España un 40% del total de energía consumida, y un importante nicho de ahorro.

11.3 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

Por norma general, los edificios construidos en España que necesitan urgentemente una rehabilitación y adecuación a la normativa actual se construyeron de la misma manera, con ladrillo y hormigón. Por lo tanto, independientemente de la tipología, los materiales de construcción no suelen variar demasiado.

A continuación se describen sucintamente los sistemas constructivos utilizados y la posibilidad de instalar el sistema MHS en cada uno de ellos.

11.3.1 *Cimentación*

Habitualmente la cimentación de los edificios se realiza con zapatas de hormigón armado. En este caso afecta sobre todo la presencia intermitente de agua en el terreno; por lo que se colocaría un sensor de humedad y se registraría no tanto la humedad presente sino las variaciones de la misma conforme al estado original, si bien es necesario una gran variación de humedad para provocar daños. Sin embargo es muy probable que todos los defectos derivados de la cimentación ya se hayan manifestado, por lo que su rentabilidad es cuestionable.

11.3.2 *Estructura aérea*

En la mayoría de las ocasiones se realiza mediante pórticos de hormigón armado, en ocasiones se mezclaba o sustituía con muro de carga de ladrillo. Tanto la técnica como los materiales eran bastante deficientes en la construcción de los años 60, por lo tanto, con el tiempo han generado multitud de patologías, a saber; pérdida de recubrimiento de hormigón, carbonatación del acero y deformaciones excesivas que generan grietas (tanto en fachadas exteriores como tabiquerías) como las más comunes.

En este caso se colocarían sensores de salinidad y humedad relativa puesto que las sales son más peligrosas conforme aumenta la presencia de agua en el ambiente, el objetivo consiste en minimizar la carbonatación y pérdida de hormigón, puesto que ésta es un proceso de degradación natural que no es posible frenar del todo.

11.3.3 *Cerramientos verticales*

Se componen de dos hojas de ladrillo, una exterior, más gruesa (entre 12 y 30cm, depende si es muro de carga o no) y una interior (5cm) que encierran una cámara de aire. No suelen disponer de aislamiento térmico ni mucho menos acústico.

Estos tipos de fábrica sin aislamiento térmico son los más comunes, de tal manera que se colocarían sensores de temperatura y humedad tanto en el exterior como en el interior para medir la pérdida en tiempo real de calor y poder actuar en una mejora.

11.3.4 Particiones interiores

Se han realizado con lo que se denomina “tabicón”. Consiste en 5 ó 7 cm de ladrillo y 1,5cm de yeso a cada lado. La patología por excelencia de las particiones son las grietas derivadas de defectos en la estructura, lo sensores se colocarían en grietas existentes para comprobar si siguen aumentando o no, monitorizando su evolución.

11.3.5 Acabados

Es el material en contacto con el exterior en un edificio, y como tal, el más afectado por la intemperie, como material predominante está el ladrillo caravista, las patologías de este vienen relacionadas por su porosidad frente al agua pudiendo almacenarla, - desde heladicidad y posterior rotura, hasta las simples manchas blancuzcas inocuas que son los caliches-. El sistema de MHS mediría la humedad exterior así como la humedad interna del ladrillo, y comparándola con los parámetros de calidad actuales elaboraría un diagnóstico del estado del paramento.

11.1.6 Instalaciones

Las instalaciones en los edificios antiguos, se han quedado en muchos casos obsoletas, y requieren de constantes reparaciones para mantenerlas en servicio, adolecen de pérdidas en muchos tramos de su trazado, e incluso, en caso de la instalación eléctrica, puede llegar a haber peligro de cortocircuitos y fuego eléctrico - por el mal estado del aislamiento del cableado-, en este panorama la implementación del sistema MHS supone evaluar tanto las pérdidas de un modo muy preciso, como los costes de mantenimiento actuales o las mejoras que implica sustituirlas adecuándolas a las necesidades y exigencias actuales.

La instalación de calefacción es la más beneficiada, pudiendo controlar la temperatura de entrada y salida de agua caliente para radiadores (cuanta más alta la diferencia mejor) y el consumo de gas para adecuarlo a la demanda en función de la época del año.

11.4. DISTRIBUCIÓN DE SENSORES MHS

Una vez conocidos tanto los materiales como las tipologías y las patologías más usuales se procede a colocar los sensores adecuados en los lugares adecuados.

A la hora de colocar los sensores se diferencian dos tipos: los interiores y los exteriores por una parte, y los repetidores y los finales por la otra.

11.4.1 Propuesta de colocación de nodos exteriores

En un forjado intermedio junto al suelo (y techo del piso inferior), para obtener datos del apoyo del cerramiento (si hay deformaciones y grietas) y del comportamiento térmico del canto del forjado. Se colocarían los siguientes sensores:

Número	Tipo Sensor	Motivo	Posición
1	Temperatura/ Humedad	Consumo energía Puente térmico forjado Condensaciones Dilataciones	Canto de forjado
1	Fisurómetro (si procede)	Grietas y fisuras peligrosas Filtraciones de aire y agua	Canto de forjado
1	Ruido	Puente acustico forjado	Canto de forjado

En paramento ciego a media altura (1.5m) y en la carpintería, para obtener datos del cerramiento, la temperatura, la humedad, la heladicidad, el comportamiento térmico, la estanqueidad al aire y al agua, la resistencia acústica y las necesidades de ventilación

Número	Tipo Sensor	Motivo	Posición
3	Temperatura/ Humedad	Consumo energía Condensaciones Heladicidad	Paño ciego muro exterior Interior del ladrillo Carpintería exterior
1	Anemómetro	Filtraciones de aire y agua Consumo de energía	Paño ciego muro Carpintería exterior
2	Ruido	Aislamiento ruido aereo Puente acustico carpintería	Paño ciego muro Carpinería
1	Sensor CO ₂	Contaminación exterior Contaminación interior	Carpintería
1	Radiación LDR	Control soleamiento Control iluminación	Carpintería

ANEXO II. INTRODUCCIÓN DE MHS A LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDA

Propuesta de colocación de los nodos interiores

En un paño ciego, en el reverso interior del sensor exterior correspondiente que mida la temperatura de la parte interna del muro y con ello la temperatura de rocío y las posibles condensaciones en el muro, además del consumo de calefacción en función de las diferencias de temperatura entre ambas partes y el área de cerramiento correspondiente a ese sensor.

En el interior de la vivienda se colocaría un detector de presencia y uno de CO₂ de tal manera que pueda inferir cuando se requiere ventilación (Exceso de CO₂) y, en caso afirmativo (detector de presencia), cuanto volumen se requiere (5l/persona en dormitorios) de tal manera que inyecte al aire justo; También colocaría un relé que bajara las persianas en función de la irradiación solar.

Número	Tipo Sensor	Motivo	Posición
1	Temperatura/ Humedad	Consumo energía Condensaciones Temperatura de rocío	Paño ciego (interior)
1	Anemómetro	Filtraciones de aire y agua Consumo de energía	Paño ciego (Interior)
1	Presencia	Eficiencia energética	Interior vivienda
1	Sensor CO ₂	Ventilación cruzada Comparación con exterior	Carpintería (Interior)
1	Polímetro	Control consumo electrico	Cuadro de Mando

Como colofón se adjunta la última tabla con los posibles actuadores servidores del sistema MHS, aumentando la automatización y el control de la vivienda.

Número	Actuador	Motivo	Posición
1	Motor ventana	Apertura automática de la carpintería en caso de niveles peligrosos de CO/CO ₂	Carpintería (interior) Puerta de garajes
1	Extractor baño	Ventilación mecánica y eficiente	Shunt baño
1	Electroválvula	Eficiencia energética Impulsión agua en calefacción	Interior vivienda

BIBLIOGRAFÍA

SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *Guía Práctica de Sensores. Ed Copyright 2010*

ROMERO MORALES, Cristobal; VAZQUEZ SERRANO, Francisco; CARLOS DE CASTRO LOZANO, Carlos: *Domótica e Inmótica, viviendas y edificios inteligentes. Ed RA-MA 2005*

HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel; MILLAN TEJEDOR, Ramón J.: *Domótica edificios inteligentes. Ed Copyright, 2004*

MARTIARENA, Xabier: *Conservación y Restauración, Artes Plásticas y Documentales 10. Donostia, 1992*

GARCÍA GARCÍA, Carlos; SAÍNZ DE ABAJO, BEATRIZ (tutora): *Desarrollo e implementación de un sistema de monitorización adaptado al patrimonio histórico. Valladolid, 2013 (Trabajo Fin de Grado)*

FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, Jorge; RUIZ GONZÁLEZ, Jose Manuel (tutor): *Monitorización remota del patrimonio eclesiástico. Valladolid, 2010 (Trabajo Fin de Grado)*

SARTHOU CARRERES, Carlos; NAVASCUES PALACIO, Pedro: *Catedrales de España. Ed. Espasa Madrid 1997*

<http://www.mhsproject.com/index.php>

<http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?idsec=210>

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

FIG. 1.: <http://www.amazon.com/Generic-Infrared-Sensor-Nintendo-Wii-Controller/B0018QOWEU>

FIG. 2.: Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_carbide

FIG. 3.: Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_carbide

FIG. 4.: <http://www.cebit.se/images/cebit/documents/ahlborn/sensors/optical.pdf>

FIG. 5. y 5.1: <http://www.cebit.se/images/cebit/documents/ahlborn/sensors/temperature.pdf>

FIG. 6.: <http://www.ahlborn.com/media/216.DigitalfFHAD46%20en>

FIG. 7.: SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Jose Antonio: *op. cit.* Ed Copyright 2010 pp 100. Fig 10.9

FIG. 8. y 8.1: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1684.pdf>

FIG. 9. y 9.1: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?2021.pdf>

FIG. 10. 11 y 12: <http://www.ahlborn.com/getfile.php?1636.pdf>

FIG. 13.: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AWheatstone_Bridge.svg

FIG. 14 y 14.1.: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

FIG. 15.: https://es.wikipedia.org/wiki/Conversor_de_se%C3%B1al_anal%C3%B3gica_a_digital#/media/File:Conversor_AD.svg <https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

FIG. 16.: <https://hardwarehackingmx.files.wordpress.com/2014/01/atm001.png?w=585&h=483>

FIG. 17, 18, 19, 19.1, 33, 34 y 35: <http://domotica.dis.ulpgc.es/DyCE/Instabus03.pdf>

FIG. 20.: <https://www.somfy.es/productos/1032049/lt-wt>

FIG. 21.: <http://www.tundra-it.com/raspberry-pi-uso-de-rele-y-detector-de-movimiento/>

FIG.22.: <https://www.casadomo.com/comunicaciones/i-congreso-ei-hogar-inteilgente-con-fop-y-digitalstrom#>

FIG. 23.: <http://www.x10europe.com/pdf/CM11E.pdf>

FIG. 24.: <https://homesystems.files.wordpress.com/2010/06/portada.jpg>

FIG.25.: <http://www.monografias.com/trabajos105/protocolo-comunicacion-x-10/protocolo-comunicacion-x-10.shtml>

FIG. 26: <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

FIG. 27: http://www.x10europe.com/pdf/SC9000_ha.pdf

MONITORIZACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

FIG. 28 y 29: http://www.x10europe.com/pdf/SC9000_ha.pdf

FIG. 30: <https://es.wikipedia.org/wiki/X10>

FIG. 30: <https://es.wikipedia.org/wiki/X10>

FIG. 31: <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

FIG. 32: <http://www.smarthomeusa.com/x10-pro-plug-in-noise-filter/>

FIG. 32: <http://www.smarthomeusa.com/x10-pro-plug-in-noise-filter/>

FIG.36:[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/ffa6b3a2f743bb54c12573640036ae6e/\\$file/9690_31_32_AAS_AAMS_es_V1-0.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/ffa6b3a2f743bb54c12573640036ae6e/$file/9690_31_32_AAS_AAMS_es_V1-0.pdf)

FIG.37:<https://protocolgateway.wordpress.com/2012/01/29/lonworks-protocol/lonworks/>

FIG.38:http://es.aliexpress.com/lonworks_reviews.html

FIG.39:<http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/LonWorks.pdf>

FIG.40: <http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>

FIG.41, 43 y 46: <http://www.mhsproject.com/dispositivos.php>

FIGS 42 y 62: http://www.romaniconorte.org/imagftp/imagAux1379_3%20copia.gif

FIG.44 y 45: <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/08/24/55d9eb2322601d265b8b4577.html>

FIG.46: http://www.mhsproject.com/carpeta_redise%C3%B1o_v.2_3.pdf

FIGS.47, 48 y 49: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?iddoc=1084>

FIGS 50 Y 51: *Cedidas por la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico*

FIGS 52 a 61, *Datos cedidos por Fundación Santa María la Real, elaboración propia.*

FIG 57: <http://www.greenbuildingadvisor.com/sites/default/files/SHRAE-psychrometric-chart-IP.jpg>

FIG 58 y 59: *BASULTO, Daniel, Estudio Microclimático de la iglesia de Santa María de Mave.*

FIG 63 a 66, y 71 a 76: *Ceddas por la Fundación Santa María la Real.*

FIG 77 y 79 a 90: *Datos cedidos por Fundación Santa María la Real, elaboración propia.*

FIG 78 y 80: *Elaboración propia.*