

# Interreg Sudoe iNUNDATiO



European Regional Development Fund

Tecnología predictiva  
al servicio de las personas

# INUNDATI

**Automatización del modelado de riesgos de  
inundaciones en cabeceras de cuenca a  
través de técnicas de inteligencia artificial y  
Big Data**

**Proyecto SOE3/P4/E0929**

**E2.5.1 – Manual para la monitorización de edificios en  
zonas de riesgo de inundación**

**Mayo 2020**

## Contenido

1	Control de cambios .....	5
2	Introducción .....	6
3	Objetivos .....	7
4	Metodología de sensorización y monitorización de daños en edificios y bienes .....	8
5	Patrimonio Cultural .....	9
5.1	Aproximación al concepto de Patrimonio .....	9
5.2	La conservación del Patrimonio Cultural .....	10
5.3	Criterios de intervención en el Patrimonio .....	12
5.4	La conservación preventiva: Sistema de monitorización .....	15
6	Sistemas de monitorización .....	17
6.1	Tipos de sistemas .....	17
6.1.1	Sistemas cableados .....	17
6.1.2	Sistemas inalámbricos .....	18
6.1.3	Sistemas Mixtos .....	21
6.2	Sistemas domóticos .....	22
6.3	Sistemas de vigilancia y seguridad .....	23
6.4	Sistemas contra incendios .....	24
7	Sistema de monitorización para edificios patrimoniales .....	26
7.1	Elementos Hardware .....	27
7.2	Elementos Software .....	30
7.3	Parámetros de estudio .....	33
7.4	Funcionamiento del sistema .....	34
7.5	Implementación del sistema .....	37
8	Ejecución de la instalación .....	41
8.1	Instalación .....	41
8.1.1	Buenas prácticas .....	42

8.1.2	Disposiciones para el montaje .....	44
8.1.3	Montaje/instalación .....	45
8.1.4	Pruebas/Comprobación de la instalación .....	50
8.1.5	Entrega de la instalación .....	51
8.2	Uso y mantenimiento.....	52
8.2.1	Controles periódicos preventivos .....	53
9	Resumen.....	55
10	ANEXOS .....	56
10.1	Propuesta de instalación Paços do Conselho do Cascais (Portugal) .....	56
10.2	Informe de instalación Colonia Venero Claro en Ávila (España).....	56

## 1 Control de cambios

VERSIÓN	FECHA	SOCIO	MODIFICACIONES
V1.0	01/05/2020	FSMLR	Versión inicial
V2.0	01/06/2022	FSMLR	Revisión
V3.0	18/10/2022	FSMLR	Revisión

## 2 Introducción

Inundatio surge con el reto claro de lograr que el territorio Sudoe sea más seguro y resiliente, minimizando las pérdidas materiales y humanas que entrañan las inundaciones o tormentas repentinas, mediante la automatización del modelado de riesgos de inundaciones en cabeceras de cuenca a través de técnicas de inteligencia artificial y análisis Big Data.

El trabajo que se lleva a cabo en proyecto Inundatio tiene en cuenta como uno de sus objetivos el análisis de la vulnerabilidad del territorio para definir los umbrales de alerta previa, las áreas que deben ser evacuadas y las áreas para la seguridad de las personas, pero también se realiza un análisis de vulnerabilidad a menor escala, el del edificio, y en concreto los edificios patrimoniales, para ello, se ha desarrollado una metodología de sensorización y monitorización de edificios patrimoniales que puedan encontrarse en situación de riesgo de inundaciones.

### 3 Objetivos

El presente documento contribuye al Objetivos Específico 1: Desarrollar metodologías innovadoras de análisis hidrológico en cabeceras de cuenca y de captación de datos.

El trabajo que se lleva a cabo en el GT2 del proyecto Inundatio, tiene como finalidad el desarrollo de una metodología integral para el análisis de los datos de inundaciones del área de captación sujeta a inundaciones repentinas que se concreta en modelos de simulación. Esta metodología se basa principalmente en la producción y el uso de modelos hidrológicos e hidráulicos en los sitios piloto del proyecto utilizando algoritmos de predicción. El modelo se representa en una Herramienta Geográfica interactiva que muestra mapas de inundaciones para diferentes escenarios de riesgos e integra series dinámicas para alimentar un sistema de advertencia de inundaciones. Al cruzar los mapas de inundaciones y los problemas territoriales, la vulnerabilidad de los territorios se describirá a nivel del territorio municipal o incluso a una escala aún mayor. Se analizará la vulnerabilidad del territorio para definir los umbrales de alerta previa, las áreas que deben ser evacuadas y las áreas para la seguridad de las personas.

También se realizará un análisis de vulnerabilidad a menor escala, el del edificio, tanto desde un sistema de vigilancia de edificios en el campo como desde una detección automática de las aberturas de fachadas de edificios de Servicios de imagen del tipo Street View.

Finalmente, y como objeto de este informe, se ha desarrollado la metodología de sensorización y monitorización de edificios patrimoniales que puedan encontrarse en situación de riesgo de inundaciones.

El producto obtenido es un manual técnico en el que se desarrolla el proceso metodológico para un adecuado control y gestión en la sensorización y monitorización en tiempo real de aquellos edificios que estén en cabeceras de cuencas y repliquen el proyecto INUNDATIO.

El presente documento, entregable E2.5.1, justifica el diseño realizado en la actividad 2.5 del proyecto Inundatio, en concreto al diseño de sistemas de monitorización de daños en edificios que permitan la evaluación del impacto del evento.

## 4 Metodología de sensorización y monitorización de daños en edificios y bienes

El documento expone tres ideas fundamentales; las necesidades de monitorización que tienen los edificios patrimoniales, cómo hay que implementar el registro, evaluación y gestión de la información generada, y cuáles son las conclusiones, visualización, análisis y actuaciones a realizar en la gestión de bienes en riesgo por inundación.

El área de los requerimientos que presentan los bienes patrimoniales en cabeceras de cuencas desarrollará los de espacios, salas y bienes a monitorizar, los elementos prioritarios y la relación jerárquica entre ellos. En este apartado se buscará guiar a la detección de aquellos puntos estratégicos que sirvan para determinar la presencia y ubicación de los daños generados como consecuencia de inundaciones, eventos impredecibles o por su uso normal. En definitiva, se describirán los mecanismos necesarios para un propiciar un correcto diagnóstico, partiendo de la comprensión de las lesiones existentes y/o futuras que puedan suponer un riesgo para la conservación de los inmuebles o generar daños a los usuarios.

En cuanto al registro, evaluación y gestión de la información, se expondrá cómo se realiza la óptima instalación de los sensores, la comunicación inalámbrica de los nodos de recogida de información con el nodo central, las mediciones necesarias del sistema a través de la utilización de tecnología IoT bajo mediante protocolos de comunicación M2M, la frecuencia necesaria para la recogida de datos, que permita disponer en tiempo real de información para agilizar la toma de decisiones, el almacenamiento de datos en bases de consulta en la nube, y la necesidad de la utilización de hardware y software que permita la integración con otras plataformas IoT que mejoren al sistema.

En el último bloque del manual se abordarán las recomendaciones, la visualización de la información recogida, y el análisis y actuaciones a realizar en la gestión de bienes en riesgo. El sistema de monitorización expondrá cómo los datos recopilados por los sensores son transmitidos a plataformas online, que permitan visualizar la información de forma gráfica, facilitando su análisis y gestión mediante cuadros de mando. El sistema de monitorización debe facilitar la supervisión a distancia con datos precisos, pudiendo evaluar la información almacenada y, además, actuar con previsión sobre posibles daños, incluso se enunciará el funcionamiento óptimo del sistema como central de alarmas para que, en caso de que se detecte la superación de las mediciones umbrales o porcentajes definibles, se envíe un aviso a través de email o SMS al responsable del sistema, aunque no exista un centro de control 24/365.

## 5 Patrimonio Cultural

### 5.1 Aproximación al concepto de Patrimonio

El concepto de patrimonio cultural es subjetivo y dinámico, no depende de los objetos o bienes sino de los valores que la sociedad en general les atribuye en cada momento de la historia y que determinan qué bienes son los que hay que proteger y conservar para la posteridad.

Hay elementos que nos parece importante preservar para las generaciones futuras, pero su importancia no se debe a su valor económico actual o potencial, sino a que nos hacen sentir una cierta emoción o nos provocan un sentimiento de pertenencia, de identidad, nos reconocemos, en un territorio, en un país, en una tradición o en un modo de vida. Puede tratarse de objetos que podemos poseer o de edificios que explorar, de canciones que cantar, relatos que narrar... en cualquiera de sus formas son elementos que forman parte de un patrimonio, nuestro patrimonio, y este patrimonio exige que nos empeñemos activamente en salvaguardarlo.

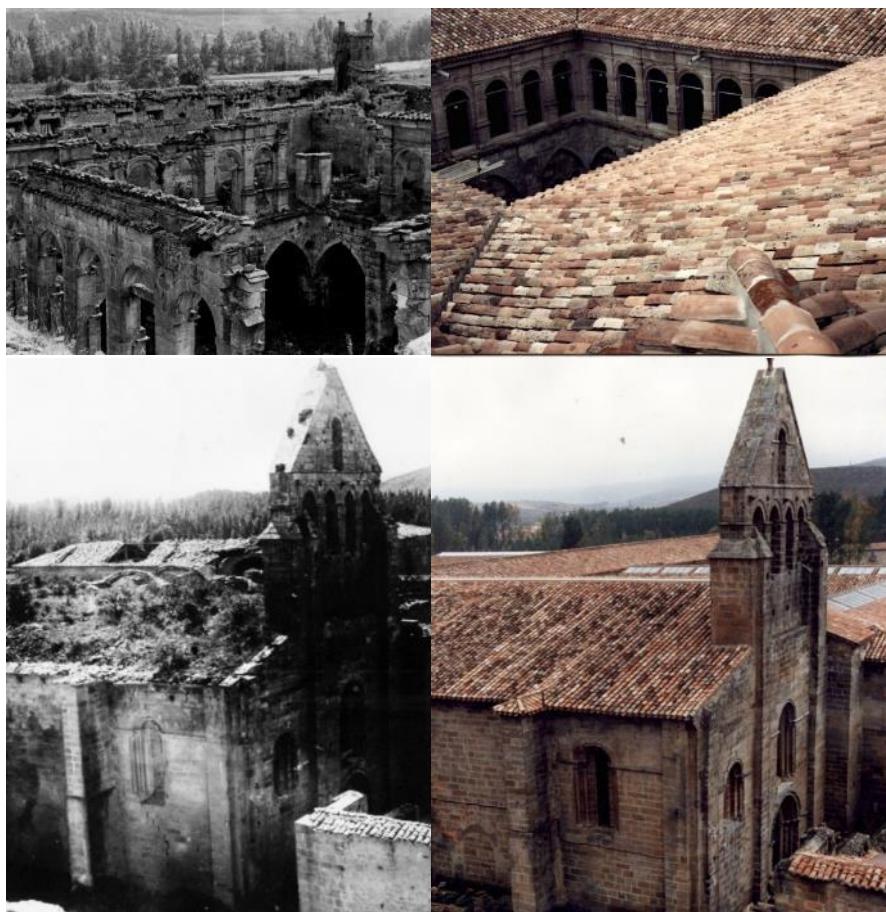


Figura 1. Monasterio de Santa María la Real en Aguilar de Campoo.

La visión restringida, singular, antigua, monumental y artística del patrimonio del siglo XIX se supera durante el siglo XX con la incorporación del concepto de valor cultural. El “patrimonio cultural” no se limita a monumentos y colecciones de objetos, sino que comprende también tradiciones o expresiones vivas heredadas de nuestros antepasados y transmitidas a nuestros descendientes, como tradiciones orales, artes del espectáculo, usos sociales, rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza y el universo, y saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional.

Estos cambios se deben en parte a los instrumentos elaborados por la UNESCO.

## 5.2 La conservación del Patrimonio Cultural

Si muchos edificios y piezas de valor arquitectónico han llegado hasta nosotros a través de los tiempos es porque han tenido un uso y por tanto un mantenimiento, es decir, una conservación. No han tenido esa suerte los edificios que dejaron de tener un uso (murallas defensivas, puertas fortificadas, castillos... hablando de edificios de antigüedad).

La conservación se produce mientras las sucesivas generaciones han mantenido los usos que han salvado al edificio. Cuando no existe un USO, es necesario y urgente plantearse encontrar uno, o tomar otro tipo de medidas, pues cuando un edificio no tiene uso es un edificio en degradación acelerada y en ruina a medio plazo. Esto podemos verlo en edificios absolutamente contemporáneos que incluso estando recién construidos no se abren, no se dotan de usos e inmediatamente empiezan a degradarse. La conservación del Patrimonio cultural pretende tres objetivos complementarios:



Figura 2. Objetivos de conservación del Patrimonio Cultural.

**REPARACIÓN.** Conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada a su funcionalidad arquitectónica original. Sólo comenzamos el proceso de reparación una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión. Si la lesión se descubre a tiempo, basta la aplicación de productos muchas veces con misión protectora. A veces la intervención requerirá la demolición o sustitución total o parcial de la unidad constructiva donde está el foco de la lesión.

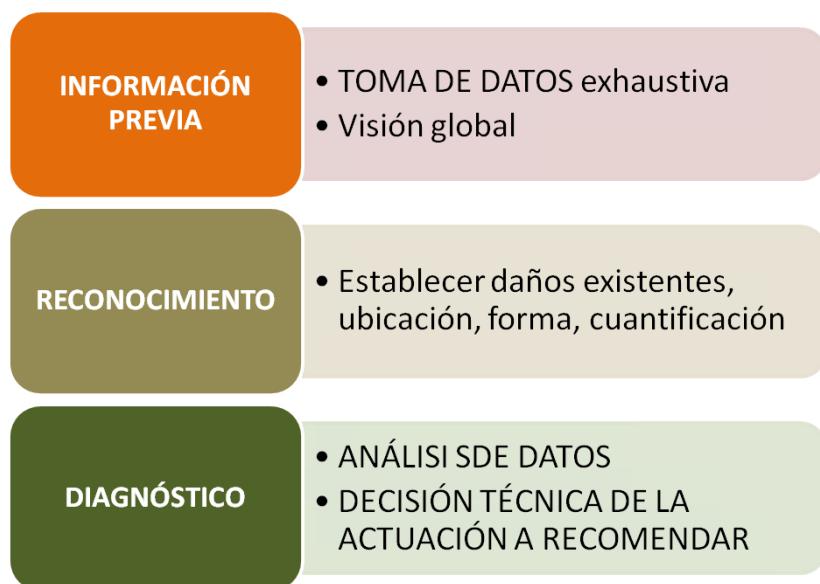


Figura 3. Procedimiento para la reparación del Patrimonio Cultural.

**RESTAURACIÓN** (según la CARTA DE CRACOVIA 2000). La restauración es una intervención dirigida sobre un bien patrimonial, cuyo objetivo es la conservación de su autenticidad y su apropiación por la comunidad. Hay que tener en cuenta que la restauración está enfocada no sólo a la conservación formal sino también global y sustancial del edificio, para transmitirlo. El proyecto plantea opciones técnicas apropiadas, que se basan en un análisis exhaustivo del conjunto arquitectónico desde diferentes puntos de vista, tratando tanto lo original como los añadidos y modificaciones. En el proyecto participan todas las disciplinas necesarias, bajo la coordinación de una persona cualificada y bien formada en la conservación y restauración.

**REHABILITACIÓN.** Rehabilitar un edificio implica actuar sobre los elementos que han perdido su funcionalidad constructiva o sufrido un deterioro en su integridad o aspecto para devolver al edificio su función (la que tenía o dotarlo de otra diferente).

Rehabilitar la fachada, la cubierta, sus condiciones estéticas o funciones constructivas, el objetivo recuperar su función. Cuando se interviene de una forma global en todo el edificio se denomina: REHABILITACIÓN INTEGRAL.

**COHERENCIA CON EL VALOR VIDUAL.** Para realizar una restauración es necesario la redacción de un PROYECTO DE RESTAURACIÓN que comprenda este enfoque global.

**PREVENCIÓN.** Del estudio de los procesos patológicos y de sus causas, se establecen una serie de medidas preventivas, destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. Se considera la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como al mantenimiento.

**MANTENIMIENTO.** Actividades destinadas a conservar el edificio. Su objetivo es preventivo, evitar o mitigar las consecuencias de los fallos logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

### 5.3 Criterios de intervención en el Patrimonio

El Ministerio de Cultura español establece un decálogo donde se exponen los criterios básicos que deben respetarse en las actuaciones con el fin de avanzar en la conservación del Patrimonio desde el máximo respeto.



Figura 4. Restauración de la Virgen de Valberzoso (Palencia).

Estos criterios están sujetos a una revisión periódica de acuerdo con la evolución de las investigaciones en materia de conservación, prevención, y salvaguarda del Patrimonio Cultural:

**ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN.** Es la línea fundamental de trabajo actual: la planificación, investigación, aplicación y divulgación de intervenciones de conservación preventiva, actuando principalmente sobre los diversos factores que interactúan con los Bienes Culturales.

**INTERVENCIONES Y RESTAURACIÓN.** En función de la problemática, paralelamente a las actuaciones de conservación preventiva, serán necesarias intervenciones más drásticas de conservación curativa y restauración, aplicadas en los casos más graves de deterioro que impliquen un riesgo de pérdida irremediable del bien cultural. En estos casos, se aplicaría la metodología de intervención basada en los criterios de los demás puntos.

**INFORME DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINAR.** Previo a cualquier intervención. El equipo de trabajo estará integrado por científicos, historiadores del arte, arqueólogos, arquitectos, etnólogos y restauradores de diferentes especialidades. A partir de las conclusiones obtenidas se establecerán los criterios y la metodología de trabajo a seguir.

**PRINCIPIO DE MÍNIMA INTERVENCIÓN.** Hay que ceñirse a lo estrictamente necesario, asumiendo la degradación natural del paso del tiempo. Rechazar los tratamientos demasiado intervencionistas que puedan agredir a la integridad del objeto. Evitar la eliminación sistemática de adiciones históricas. Una eliminación injustificada o indocumentada causaría una pérdida de información irreversible. En el caso de que se decida eliminar una adición deberá justificarse exponiendo sólidos argumentos. Antes de intervenir, se debe realizar una completa descripción y documentación de los elementos que se van a eliminar, incluyendo toda la información posible. Localizados con discreción, deben dejarse testigos significativos de lo eliminado.

**CONSOLIDACIÓN COMPATIBLE CON EL ORIGINAL.** La consolidación se realizará con productos y métodos que no alteren las propiedades fisicoquímicas de los materiales, ni la estética de la obra y se localizará solo donde se precise.

**LIMPIEZA HOMOGÉNEA Y SIN ALTERAR LA OBRA.** La limpieza, ya sea a través de medios mecánicos o químicos, nunca debe alterar los materiales que componen la obra, ni su estructura, ni el aspecto primitivo de la misma. Tiene que ser homogénea, no deben admitirse limpiezas caprichosas que conduzcan a acabados engañosos o a la creación de falsos históricos. Utilizar productos de reconocida eficacia y, aun así, hay que realizar pruebas de disolventes localizadas en zonas discretas, como serán discretas las catas que sea necesario realizar, en cualquier caso, de reducido tamaño y en sitios poco visibles. No ha de ser profunda en ningún caso, debiéndose conservar siempre la pátina que imprime el paso del tiempo en la obra, así como los eventuales barnices antiguos, siempre y cuando estos últimos no se encuentren tan alterados que modifiquen el tono original y dificulten la visión e interpretación de la obra.

**REINTEGRACIÓN SÓLO SI ES IMPRESCINDIBLE.** Sólo cuando sea necesaria para la estabilidad de la obra, o de algunos de sus materiales constitutivos; en aquellos casos en los que concurran circunstancias especiales, la decisión deberá aportarse por un equipo profesional. Siempre se respetarán la estructura, fisonomía y estética del objeto con las naturales adiciones

del tiempo. Son innecesarias las reintegraciones cuando las lagunas, una vez realizado el proceso de limpieza, quedan perfectamente integradas en el efecto cromático y estético del conjunto y no afectan a la estabilidad del objeto. Si es necesario realizar reintegraciones: determinar previamente el criterio y la metodología prioritario el máximo respeto al original recurrir a cualquier documento, gráfico o escrito, que aporte datos fidedignos del aspecto original de la obra. En soportes y estructuras, en ocasiones es preciso efectuar consolidaciones o reintegraciones por problemas de estabilidad de la obra o de su función. En pintura y policromía, las reintegraciones se justifican, además de lo expuesto, por la recomposición de la correcta lectura de estas.

Hay diversas soluciones: punteado, rayado, etc. Si las faltas, una vez realizado el proceso de limpieza y consolidación, dejan el soporte visto, de manera que el tono de este no distorsiona el cromatismo del conjunto, no será necesario efectuar reintegraciones. Ceñirse a los límites de la laguna. Utilizar materiales inocuos y reversibles, claramente discernibles del original y a simple vista, a una distancia prudente, dejar reconocible la reintegración en las zonas adyacentes al original.

La protección final evitará la alteración del acabado primitivo, y respetará los estilos históricos.



Figura 5. Fisurómetros instalados en la iglesia de Villanueva de la Torre (Palencia).

**INFORME FINAL DE INTERVENCIÓN.** Finalizada la intervención se reunirá toda la documentación generada en el correspondiente informe. Se detallarán los criterios y metodología de trabajo adoptados, así como los productos empleados, localizándose las zonas donde éstos se han empleado e indicándose proporciones aplicadas y su nombre científico.

**UBICACIÓN ORIGINAL DE OBRAS GARANTIZANDO SU CONSERVACIÓN.** La obra tratada será reintegrada a su ubicación original siempre que ésta reúna las condiciones adecuadas. Se

evitará esto en el caso de que la restauración haya sido motivada por el mal estado ambiental del lugar en que se encontraba la obra, salvo que previa, o paralelamente, otra intervención haya subsanado dichos problemas y se pueda garantizar su conservación.

**PLAN DE CONTROL Y MANTENIMIENTO.** La conservación del Bien Cultural no acaba con la intervención. Es fundamental programar rutinas de control y seguimiento de las obras restauradas, así como planes de mantenimiento que aseguren su óptima conservación. Para evitar en lo posible los factores de riesgo será necesario dotar a quienes tienen la responsabilidad de velar por la obra, de las nociones fundamentales de conservación preventiva y comprometerlos en su control y mantenimiento.

## 5.4 La conservación preventiva: Sistema de monitorización.

El sector del Patrimonio está sufriendo un importante cambio estratégico y ello se debe tanto a las tendencias socioculturales y demográficas como a factores de índole institucional, política y, sobre todo, económica. En el actual escenario económico, la intervención en Patrimonio ha pasado a tener un protagonismo mucho más limitado en volumen y casi reservado a determinadas actuaciones de urgencia. Se hace pues necesario cambiar el modelo de actuación, *asegurando el mantenimiento preventivo de los bienes ya restaurados, adelantándonos a la aparición del deterioro*, mediante el conocimiento de la información precisa para evaluar la situación de cada edificio o bien mueble, en todo momento y hacerlo de manera sostenible, con un mínimo de recursos.

La viabilidad operativa para satisfacer esta necesidad se supedita inexorablemente a una automatización del proceso. Estamos hablando de un nuevo modelo basado en la conservación preventiva, que nos permite prevenir el deterioro estructural u ornamental en la arquitectura patrimonial y de los bienes muebles que esta pueda albergar. Según el Instituto de Patrimonio Cultural de España se puede considerar que la conservación preventiva representa fundamentalmente una estrategia basada en un método de trabajo sistemático que tiene por objetivo evitar o minimizar el deterioro mediante el seguimiento y control de los riesgos de deterioro que afectan o pueden afectar a un bien cultural.

La complejidad en la conservación de los bienes culturales, como los centros históricos de las ciudades, los paisajes culturales, el arte rupestre y los bienes culturales ligados a ecosistemas naturales, o los componentes del patrimonio inmaterial, exige herramientas específicas y complejas, muy diferentes a las desarrolladas hasta ahora, para la aplicación de estrategias adecuadas de conservación preventiva. En la estrategia de conservación preventiva confluyen aspectos que deben ser tenidos en cuenta como son la **sostenibilidad**, es decir, la necesidad de aplicación de esfuerzos continuados en el tiempo, la optimización de recursos y la accesibilidad, entendida como acercamiento de los bienes culturales a la sociedad, conceptos todos ellos que inciden positivamente en la mejora del estado de conservación del patrimonio.

Según el **Plan Nacional de Conservación Preventiva** los principios fundamentales son: **Controlar los riesgos de deterioro actuando sobre los factores del medio y los modelos de uso y gestión**, para evitar que éste se produzca o se acelere, y no sobre el efecto de los mismos en los propios bienes. Utilizar el método de trabajo propuesto por la conservación preventiva para **definir prioridades respecto a los recursos a emplear en medios y procedimientos** para la conservación de los bienes. Utilizar la **planificación de la conservación preventiva** en las instituciones como herramienta de esfuerzo sostenible y aplicable a conjuntos de bienes de forma prioritaria.

## 6 Sistemas de monitorización

Se presentan las características de algunos sistemas de monitorización existentes en el mercado actual.

### 6.1 Tipos de sistemas

Todos los sistemas de monitorización utilizados actualmente se pueden clasificar en 3 grandes categorías:

- Cableados.
- Inalámbricos.
- Mixtos.

#### 6.1.1 Sistemas cableados

Las redes cableadas tradicionales (red alámbrica) utilizan principalmente cables Ethernet para conectar los equipos y otros dispositivos a través de un enrutador o conmutador. Es conocido que, del punto de vista de la transmisión de datos, la red Ethernet es más rápida, fiable y segura que una red inalámbrica. Sin embargo, el coste de las redes cableadas puede aumentar con el aumento del número de dispositivos a instalar y a la distancia entre ellos. Además, en la mayoría de los casos se requiere perforar paredes y/o conformarse con una instalación visible.

Una tecnología pensada para llevar Internet a los hogares de forma alternativa a otras como el ADSL e incluso el cable o la fibra óptica es la tecnología Power Line Communications (PLC) que utiliza el cableado de la red eléctrica del edificio para transmitir la información entre los puntos de la misma red eléctrica.

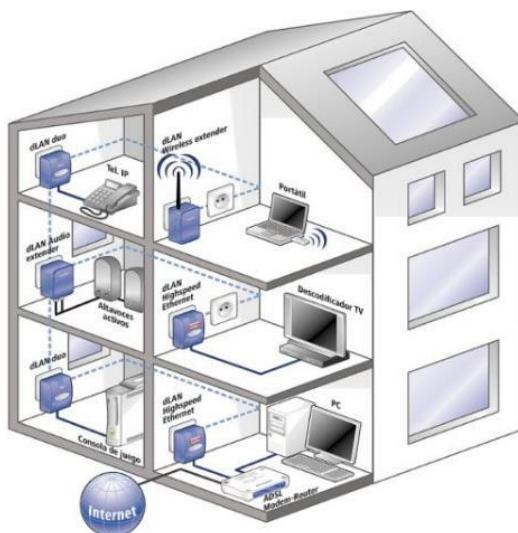


Figura 6. Ejemplo de funcionamiento PLC.

### 6.1.2 Sistemas inalámbricos

Este tipo de redes han revolucionado la forma de observar y controlar el mundo físico que nos rodea. El avance año tras año de las nuevas tecnologías hace que se desarrollen nuevos productos de pequeño tamaño y sobre todo de bajo consumo que permiten procesar información de forma autónoma y poder transmitir esa gestión de datos de forma inalámbrica. La disponibilidad y variedad de microsensores y comunicaciones inalámbricas permite desarrollar redes de sensores para un amplio rango de aplicaciones.

La característica fundamental de estos sistemas es que deben ser de bajo consumo y larga duración, tanto para cuando estén operando como cuando permanezcan a la espera.

La ausencia total de cableado permite el ahorro de costes en infraestructuras y la ubicación en lugares de difícil acceso. El encapsulamiento de los sensores en cajas estancas permite, además, su despliegue en entornos sujetos a la intemperie.

Las aplicaciones de las redes inalámbricas son enormes y permiten al usuario solucionar muchos problemas que actualmente, bajo otras tecnologías, suponen un gran coste económico y complejidad de despliegue y operación.

Las redes inalámbricas pueden no requerir infraestructura de conexión, siendo llamadas “Ad-hoc”, permitiendo un sencillo ajuste y configuración, donde todos los nodos pueden ser móviles y conectados de manera dinámica.

Los diferentes elementos que forman una WSN (red de sensores inalámbrica) se definen a continuación.

Nodos finales compuesto por:

- **Sensor:** toma la información de un parámetro.
- **Nodo:** formado por un microcontrolador y un elemento de radiofrecuencia.
- **Nodos repetidores:** son los nodos que retransmiten el flujo de información a través de la WSN.
- **Nodo coordinador:** es el nodo que recibe el flujo de información de la WSN y comunica los datos al Nodo central. Funciona también como gestor de la WSN.
- **Nodo central:** es un dispositivo de mayor capacidad operacional (ordenador, PDA, teléfono) para el almacenamiento, análisis y procesamiento de los datos procedentes de la WSN.
- **Red Inalámbrica:** Es la parte de software que hace funcionar la red WSN y está basada en un estándar específico (por ejemplo: 802.15.4 para ZigBee).

Las WSN son una tecnología emergente muy prometedora para una amplia variedad de aplicaciones en ingeniería debido a su fácil instalación y mantenimiento. Usada inicialmente en

aplicaciones militares, ahora se han extendido a muchas áreas industriales y de interés social, como controles del proceso de producción, monitorización, automatización de una casa o control de tráfico. Este método resulta muy viable para el ámbito de patrimonio histórico ya que sin la necesidad de cableado se evita el posible deterioro del mismo.

Los parámetros principales que caracterizan una WSN son los siguientes:

- **Autonomía de las baterías.**
- **Coste.**
- **Facilidad de instalación.**
- **Tiempo de respuesta.**
- **Precisión y frecuencia de las mediciones.**
- **Topología operacional.**

Para conectar los dispositivos inalámbricamente existen diversos estándares o protocolos. A continuación, se presentan las tres tecnologías más utilizadas para crear redes inalámbricas:

**-Bluetooth:** Fue fundada por cinco compañías: Ericsson, IBM Corporation, Intel Corporation, Nokia y Toshiba Corporation a las que se unió Com Corporation, Lucent Technologies, Microsoft Corporation y Motorola Inc.

Consiste en una tecnología de ondas de radio de corto alcance (2.4 GHz) cuyo objetivo es el simplificar las comunicaciones entre dispositivos informáticos, como ordenadores móviles, teléfonos móviles y otros dispositivos de mano.

Permite comunicaciones, incluso a través de obstáculos, a distancias de hasta unos 10 metros.



Figura 7. Logo Bluetooth

**-Wi-Fi:** Los dispositivos habilitados con Wi-Fi (ordenadores personales, smartphones, reproductores de audio digital, etc) pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica; dicho punto de acceso (o hotspot) tiene un alcance de unos 20 metros en interiores y al aire libre una distancia mayor (100 metros pudiendo llegar alcanzar los 500 metros). Pueden cubrir grandes áreas con la superposición de múltiples puntos de acceso. Existen diversos tipos basados cada uno de ellos en un estándar bajo las especificaciones IEEE 802.11. Según el estándar utilizado variará la velocidad de transmisión de datos.



Figura 8. Logo WiFi

**-ZigBee:** está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal y tiene por objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.



Figura 9. Logo ZigBee

**-GPRS:** El servicio general de paquetes vía radio, en inglés: General Packet Radio Service (GPRS), fue creado en la década de los 80. Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre de punto de acceso (APN). Con GPRS se pueden utilizar servicios como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), Multimedia Messaging System (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web (WWW). Para fijar una conexión de GPRS para un módem inalámbrico, un usuario debe especificar un APN, opcionalmente un nombre y contraseña de usuario, y muy raramente una dirección IP, todo proporcionado por el operador de red.

Puede transmitir a una velocidad de 114 kbps y permite la conexión a internet. Es una tecnología de transición entre los sistemas GSM y UMTS.



Figura 10. Logo GPRS

-**LoRaWAN**: es una especificación para redes de baja potencia y área amplia, diseñada específicamente para dispositivos de bajo consumo de alimentación, que operan en redes de alcance local, regional, nacionales o globales.

El estándar de red LoRaWAN apunta a requerimientos característicos de Internet de las Cosas (IOT), tales como conexiones bidireccionales seguras, bajo consumo de energía, largo alcance de comunicación, bajas velocidades de datos, baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización. Permite la interconexión entre objetos inteligentes sin la necesidad de instalaciones locales complejas, y además otorga amplia libertad de uso al usuario final, al desarrollador y a las empresas que quieran instalar su propia red para Internet de las Cosas.



Figura 11. Logo LoRa

En el siguiente grafico podemos observar el lugar que ocupan estos estándares inalámbricos según dos de las características más relevantes como son la velocidad de datos que pueden transmitir por segundo y el rango de alcance de la señal.

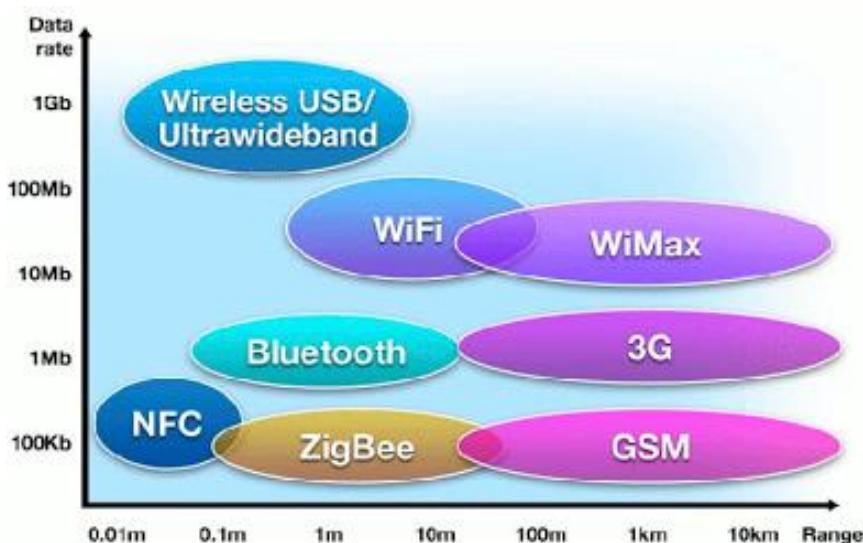


Figura 12. Comparativa de estándares inalámbricos.

### 6.1.3 Sistemas Mixtos

Constituyen una combinación de los sistemas cableados e inalámbricos.

## 6.2 Sistemas domóticos

Se llama domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.

Los aspectos básicos de seguridad en un edificio residencial hacen referencia a controlar, de forma local (hogar, inmueble o conjunto inmobiliario) o remota (más allá de los límites señalados en los apartados anteriores), cualquier zona de la vivienda y cualquier incidencia relativa a la seguridad del hogar, bienes, y/o de las personas, como intrusiones en la vivienda, fugas de agua o gestión de emergencias. Los principales mecanismos de control electrónico/demótico para este objetivo son:

- **Control de Accesos:** videoportero y tarjetas de proximidad.
- **Cámaras de video vigilancia, conexión con Central receptora de alarmas.**
- **Detectores de presencia/intrusos.** Acciones y alarmas en caso de detección de intrusión, movimiento o ausencia de movimiento.
- **Alumbrado automático por detección de presencia en zonas de riesgo (escaleras, etc.) para evitar accidentes domésticos.**
- **Detectores de humos, incendios, fugas de gas o agua conectados con sistemas de cierre automático de válvulas, alarmas y llamadas a números prefijados de emergencia.**
- **Sensores de puertas o ventanas abiertas conectadas a alarmas y llamadas a números de emergencia.**
- **Teleasistencia.**

Los principales tipos de redes que definen la infraestructura del hogar digital son las cuatro que aparecen en la siguiente figura:

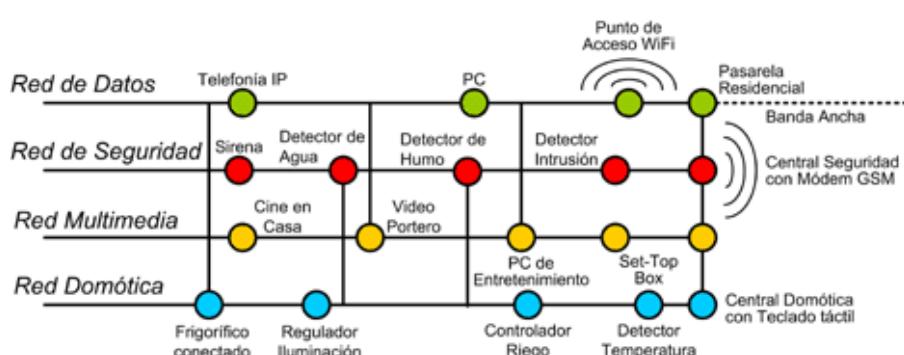


Figura 13. Esquema de infraestructura de hogar digital.

La red domótica integra los elementos de automatización y control del edificio. Para el desarrollo de la red domótica existen diferentes tecnologías y estándares que permiten el intercambio de paquetes de datos de pequeño tamaño y con bajas latencias (tiempo de respuesta limitados), típico de entornos de control y automatización. Existe una gran variedad de sistemas propietarios y abiertos utilizados para la automatización de hogares. Destacan entre ellos KNX y Lonworks:

- **KNX:** KNX es el primer sistema estándar global para la integración inteligente de la instalación eléctrica y la automatización de edificios y viviendas estandarizadas con las normas EN50090 e ISO/IEC 14453. KNX se formó de la fusión de los sistemas más importantes del mundo, partiendo del más conocido EIB (Bus de Instalación Europeo), el cual ha tenido éxito en el mercado desde 1992. KNX está aprobado como estándar internacional (ISO / IEC 14543-3), y norma europea (CENELEC EN 50090 y CEN EN 13321-1) permitiendo que los productos KNX hechos por diferentes fabricantes pueden ser combinados en el mismo sistema.
- **LonWorks:** Se trata de una tecnología desarrollada por la empresa Echelon para la conexión en red de los dispositivos necesarios para la automatización de las funciones de los edificios. Actualmente es un estándar abierto ISO/IEC.

Ambas tecnologías están soportadas por fabricantes de dispositivos de control para edificios y actualmente existen dispositivos de control de todo tipo basados en las dos tecnologías.

### 6.3 Sistemas de vigilancia y seguridad

Una vez decidido proteger un bien patrimonial, hay 4 grandes aspectos a tener en cuenta:

- el bien protegido
- el acceso al bien protegido
- la ruta de escape del potencial delincuente
- la integridad del sistema de seguridad

Antes de tomar las medidas oportunas de seguridad se deben clasificar los recintos del edificio patrimonial en alguno de los siguientes apartados:

- zonas con bienes culturales en movimiento
- zonas con bienes culturales sin movimiento y expuestos
- zonas con bienes culturales sin movimiento ni expuestos
- zonas sin bienes culturales y con público
- zonas sin bienes culturales y sin público

En materia de seguridad física, son sobradamente conocidos los sistemas de video vigilancia, detección de intrusismo y ausencia de piezas emblemáticas, cubriendose estos servicios por un amplio portfolio de empresas especializadas.



Figura 14. Ejemplo de video vigilancia.

En el caso de seguridad ante emergencias, las alarmas y normativas de evacuación forman parte del plan de seguridad de edificios convencionales. Suelen ser establecidos por los servicios de prevención de riesgos laborales, o de higiene y seguridad de las empresas que realizan las intervenciones, o por la propia entidad que gestiona los mismos.

No obstante, la sola consideración de varios de estos aspectos no es habitual y, por supuesto, no contempla su conjunción para los edificios históricos y el patrimonio mueble asociado.

Los museos son establecimientos obligados por ley a tener unas medidas de seguridad mínimas y se hallan encuadrados en el mismo régimen de medidas de seguridad que las galerías de arte, tiendas de antigüedades o establecimientos de exhibición o subasta habitual de obras de arte o de antigüedades.

#### 6.4 Sistemas contra incendios

Los sistemas contra incendios se basan en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, publicado en el Real Decreto 513/2017, del 22 de mayo.

La seguridad contra incendios se basa en cuatro pilares:

- los medios técnicos de protección contra incendios
- la estabilidad al fuego de la estructura del edificio
- la sectorización del edificio

- el Plan de emergencia del edificio

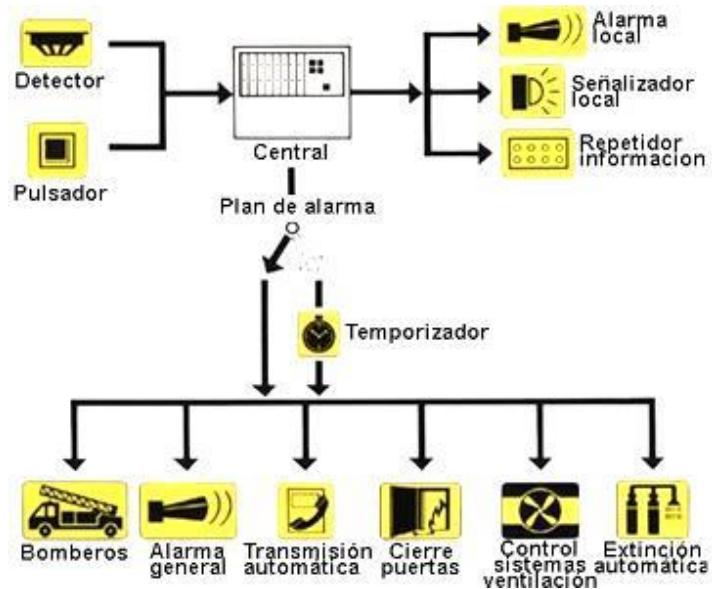


Figura 15. Principio de una instalación de detección de incendios

## 7 Sistema de monitorización para edificios patrimoniales

Previo a la instalación de cualquier sistema de medición, hay que realizar un plan de conservación preventiva que englobe todas las condiciones idóneas de la zona o zonas de control para poder prever cualquier tipo de inundación con una serie de mediciones ininterrumpidas que englobe el antes y después.

Para ello hemos elegido el sistema MHS, el cual está compuesto, por un lado, de una parte física o hardware, que incluye el equipamiento necesario para la medición, recepción, transmisión y almacenamiento de los datos y, por otro, de unas herramientas software específicas que hacen posible utilizar el equipamiento de forma adecuada y proporcionar al usuario los medios óptimos de gestión para los bienes monitorizados.



Figura 16. Conjunto de dispositivos genéricos del sistema MHS.

**Todos los componentes del sistema MHS han sido diseñados en base a los requerimientos del patrimonio y adecuados a las sugerencias y/o peticiones de los técnicos directamente implicados en la supervisión y mantenimiento de varios ámbitos patrimoniales.**

## 7.1 Elementos Hardware

- **Nodo central Linux (MHS-NCL):** Conlleva un ordenador RaspberryPi, un nodo coordinador de la red ZigBee, un dispositivo GSM/GPRS y un reloj de precisión. Todo este equipamiento está montado en una caja especial para dispositivos electrónicos y requiere un transformador de corriente continua de 5V@3A.



Figura 17. Aspecto exterior del nodo central Linux.

- **Nodo local (MHS-NF):** Se compone de un módulo ANS basado en el microcontrolador ATMEGA1281v, un circuito electrónico desarrollado por FSMR, una antena interna de 3dBi, una batería de 3.7V y los sensores correspondientes. Estos dispositivos de radiofrecuencia se basan en el estándar internacional IEEE 802.15.4/ZigBee.



Figura 18. Aspecto exterior del nodo final MHS.

- **Nodo coordinador / repetidor (MHS-NRC):** Del punto de vista hardware es similar que un nodo local con la única diferencia de que contiene un circuito electrónico completo que le permite conectarlo a fuentes de energía externos (transformador, ordenador o paneles solares).
- **Nodo analógico/digital (MHS-AD):** Es un nodo compuesto una placa de circuito electrónico con 4 entradas analógicas y 8 entradas digitales (a mayores se puede modificar la PCB para obtener hasta un máximo de 256 digitales por nodo) que funciona en conexión directa con la placa electrónica del nodo MHS-NRC. El conjunto resultante (ver Figura siguiente) se instala en una carcasa de plástico diseñada por FSMR y permite la conexión de dispositivos externos por medio de

conectores de tornillo. La parte digital presenta jumpers de configuración para cambiar la funcionalidad de entrada digital por salida digital según las necesidades prácticas de uso. Se puede alimentar y conectar con variedad de sensores analógicos y/o digitales que requieran hasta 36V. Existe una versión 2.1, la cual gestiona el voltaje necesario para cada equipo conectado.



Figura 19. Aspecto exterior del dispositivo MHS-AD.

- **Nodo de relés (MHS-REL):** Igual que el nodo MHS-AD, es un nodo desarrollado por FSMR en base a requerimientos prácticos de automatismos y se compone de un circuito electrónico de relés en conexión directa con la placa electrónica del nodo MHS-NRC. El nodo resultante conmuta voltajes en continuo y alterna de hasta 220V en base a unos comandos de activación específicos, recibidos por la red de radiofrecuencia del sistema MHS. El nodo MHS-REL presenta fusibles de protección, temporizadores y jumpers para cambiar funcionalidades de accionamiento de dispositivos externos.



Figura 20. Aspecto exterior del dispositivo MHS-REL.

- **Sensor de temperatura y humedad relativa (MHS-STH):** Para este desarrollo, FMSR ha utilizado un sensor comercial de temperatura y humedad relativa de la marca Sensirion-modelo SHT25, adaptado al formato de placa PCB de MHS, en base al diseño de la carcasa de los nodos MHS.



Figura 21. Aspecto exterior del dispositivo MHS-STH.

- **Sensor de luminosidad (MHS-SL):** Al igual que para el sensor SHT25, se ha adaptado el sensor de luminosidad TSL2561 a un formato de placa PCB de MHS.



Figura 22. Aspecto exterior del dispositivo MHS-SL.

- **Detector de xilófagos (MHS-XIL):** Este detector es bajo patente de AIDIMA y se ha desarrollado dentro del proyecto internacional SHbuildings con el propósito de detectar termitas o xilófagos. Este detector se puede utilizar también para medir el gradiente de humedad de la madera. Según las peculiaridades de cada escenario, la instalación de los MHS-XIL puede ser invasiva (requiere una pequeña inserción en la madera objetivo) o no-invasiva (por medio de un cebo fijado en la placa).

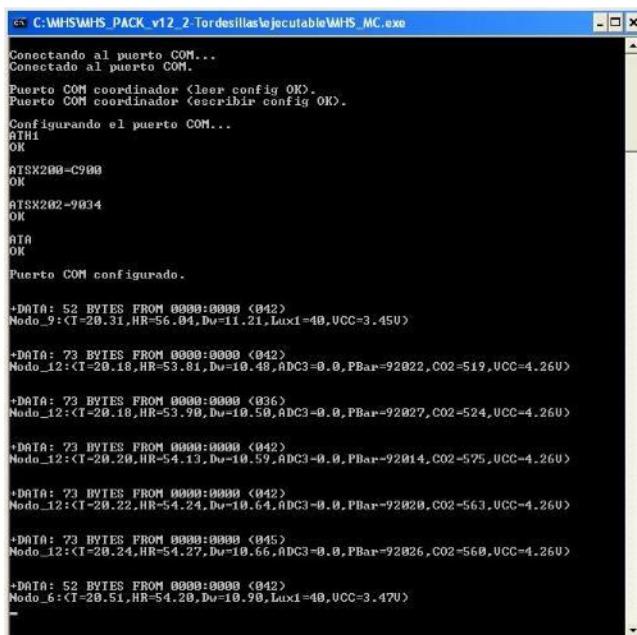


Figura 22. Aspecto exterior del dispositivo MHS-XIL.

## 7.2 Elementos Software

- **MHS-MC:** Es una aplicación informática diseñada para recibir, transformar, guardar y enviar la información proveniente de la red ZigBee compuesta por nodos MHS.

El funcionamiento de esta aplicación permite ejecutarlo como proceso invisible con funcionamiento en segundo plano o visible, con un aspecto de ventana tipo consola de comandos (ver siguiente figura).



The screenshot shows a command-line window titled 'C:\MHS\MHS\_PACK\_v12\_2-Tordesillas\ejecutable\MHS\_MC.exe'. The window displays a series of messages in Spanish and English, indicating the configuration of a COM port and the receipt of data from various nodes (Nodo\_9, Nodo\_12, Nodo\_12, Nodo\_12, Nodo\_12, Nodo\_6). The data includes parameters like temperature (T), humidity (HR), light (Lu), and other sensor values.

```

C:\MHS\MHS_PACK_v12_2-Tordesillas\ejecutable\MHS_MC.exe
Conectando al puerto COM...
Conectado al puerto COM.
Puerto COM coordinador <leer config OK>.
Puerto COM coordinador <escribir config OK>.
Configurando el puerto COM...
ATH1
OK
ATSX200-C900
OK
ATSX202-9034
OK
AT&T
OK
Puerto COM configurado.

+DATA: 52 BYTES FROM 0000:0000 <042>
Nodo_9:(T=20.31,HR=56.04,Du=11.21,Lux1=40,UCC=3.45U)

+DATA: 73 BYTES FROM 0000:0000 <042>
Nodo_12:(T=20.18,HR=53.81,Du=10.49,ADC3=0.0,PBar=92022,C02=519,UCC=4.26U)

+DATA: 73 BYTES FROM 0000:0000 <036>
Nodo_12:(T=20.18,HR=53.90,Du=10.50,ADC3=0.0,PBar=92027,C02=524,UCC=4.26U)

+DATA: 73 BYTES FROM 0000:0000 <042>
Nodo_12:(T=20.20,HR=54.13,Du=10.59,ADC3=0.0,PBar=92014,C02=525,UCC=4.26U)

+DATA: 73 BYTES FROM 0000:0000 <042>
Nodo_12:(T=20.22,HR=54.24,Du=10.64,ADC3=0.0,PBar=92020,C02=563,UCC=4.26U)

+DATA: 73 BYTES FROM 0000:0000 <045>
Nodo_12:(T=20.24,HR=54.27,Du=10.66,ADC3=0.0,PBar=92026,C02=560,UCC=4.26U)

+DATA: 52 BYTES FROM 0000:0000 <042>
Nodo_6:(T=20.51,HR=54.28,Du=10.90,Lux1=40,UCC=3.47U)

```

Figura 23. Vista general de la aplicación MHS-MC

- **MHS-AL:** Es una aplicación informática desarrollada en Visual Studio con C# y sirve para configurar y gestionar la información proveniente de la red ZigBee.

Esta herramienta ha sido centrada en 4 aspectos principales:

- Configuración del MC.
- Obtención de datos de la BB.DD. local o central y guardarlos en formato Excel o texto.
- Visualización de los datos en gráficos personalizables.

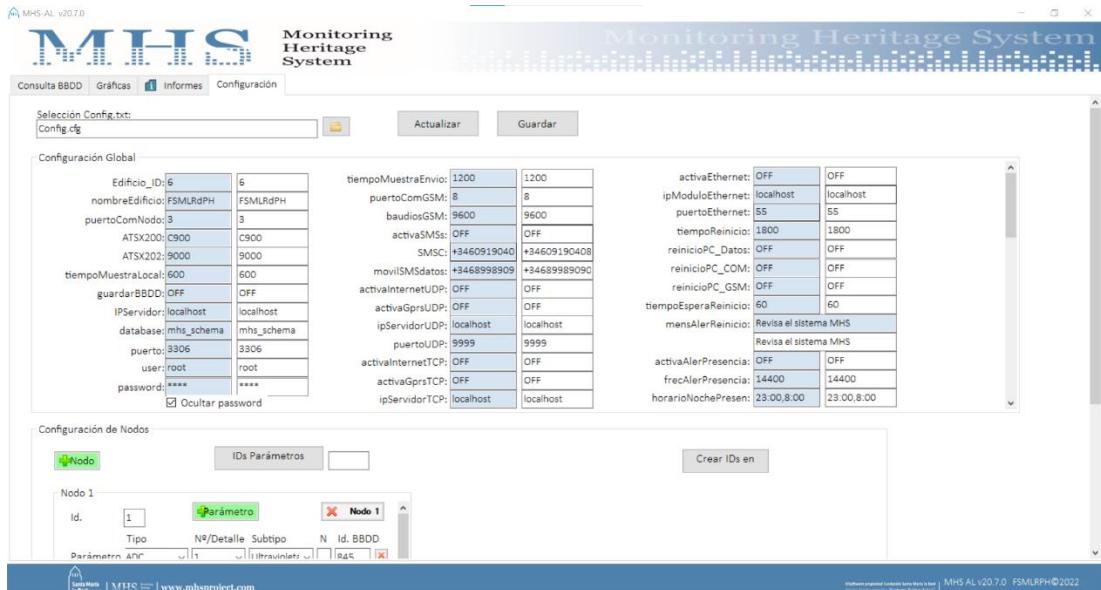


Figura 24. Interfaz de la aplicación MHS-AL

- **MHS-ConfigDevices (configurador/programador):** Es una aplicación informática (ver siguiente Figura) desarrollada para que los usuarios MHS puedan configurar de una forma sencilla los parámetros de la red ZigBee de MHS. Para programar cada dispositivo, la aplicación requiere seguir 3 pasos:
  - Configurar la red y selección de sensores, finalizando al guardar la configuración.
  - Generar el fichero de configuración.
  - Introducir el código en el nodo correspondiente.

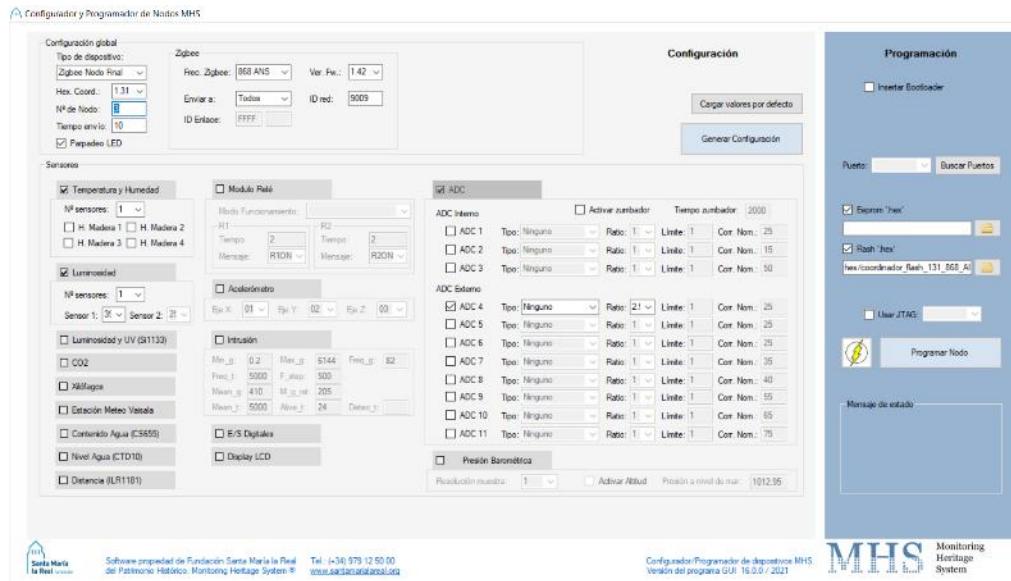


Figura 25. Interfaz de la aplicación MHS-ConfigDevices.

Dentro del mismo ámbito hay un desarrollo interno para incorporar la inicialización del microcontrolador ATMEL por USB. Puede ser utilizado para programar por medio de JTAG o TTL.

- **MHS-APP:** Mediante el uso de la aplicación MHS-APP se puede acceder a toda la información aportada por el sistema MHS para la gestión patrimonial y turística. Esta aplicación dispone de diferentes módulos o visualizaciones dependientes de los bienes o recursos culturales monitorizados y del perfil de usuario de acceso.

La aplicación dispone de diversas funcionalidades. Las principales se enumeran a continuación:

- Realización de consultas y análisis estadísticos de los datos obtenidos de la monitorización y/o de fuentes externas.
- Inserción de datos e históricos desde formularios habilitados.
- Exportación de los datos obtenidos de la consulta a documento CSV.
- Generación de gráficos a partir de los datos provenientes de la consulta.
- Exportación de gráficos a una imagen en formato PNG.

- Generación y programación de informes.

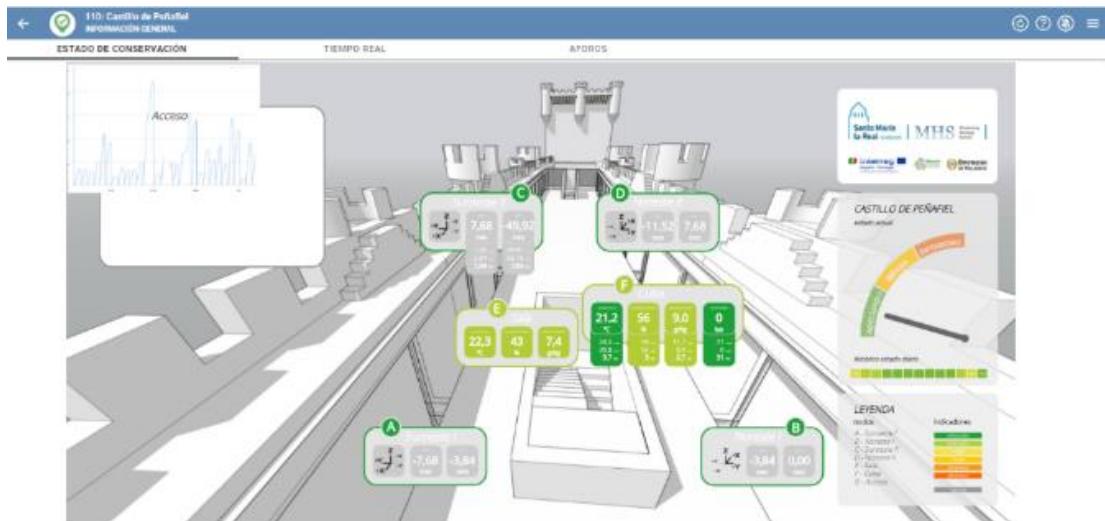


Figura 26. Interfaz de la aplicación MHS-APP.

### 7.3 Parámetros de estudio

Los parámetros para la monitorización son recogidos en la fase de propuesta. Para el marco del proyecto Inundatio, se ha valorado la utilización de diferentes parámetros, se busca que con ellos se logre ver una relación entre las condiciones ambientales de zonas y edificios concretos, con eventos meteorológicos ya sean habituales o extremos.

Los parámetros consensuados han sido los siguientes:

- **Temperatura:** Tanto ambiental como de contacto en lugares concretos.
- **Humedad.**
- **Grado de humedad.**
- **Luminosidad.**
- **Inundación:** Detecta inundación en edificios

## 7.4 Funcionamiento del sistema

En líneas generales, el sistema MHS es una herramienta que permite el control de los parámetros ambientales, estructurales y de aquellos que están relacionados con la gestión de uso de cualquier edificio patrimonial, así como su análisis en tiempo real.

El sistema contiene una red de sensores inalámbricos que registran los valores de temperatura, humedad, iluminación, presencia, etc. y los envían a un servidor central, donde son analizados de forma continua, detectándose instantáneamente aquellos valores que ponen en peligro la conservación del bien o que nos son adecuados para su gestión eficaz. De este modo se pueden tomar medidas correctoras, ya sean de forma automática o manual, en el momento en que son necesarias. Además, los datos están a disposición del usuario mediante aplicaciones software específicas o a través la página web, <https://patrimoniosmlr.com/> donde se puede obtener un informe técnico automático siempre que se deseé.

El sistema MHS ha sido desarrollado a nivel global siguiendo el principio de la Conservación preventiva en Patrimonio por medio de 4 etapas: monitorización, análisis de datos, conclusiones y, por último, mantenimiento (ver la figura siguiente).

Todos los sensores mandan señales eléctricas (digitales o analógicos) a los dispositivos MHS a cuáles están conectados que a la vez los transmiten a un repetidor o directamente al Nodo central donde, por medio del programa MHS-MC especialmente diseñado para este caso, se guardan como datos numéricos en el disco duro local a la vez que se transmiten a través de internet a un servidor ubicado en el centro de control de MHS. Estos datos se guardan en una base de datos tipo MySQL para su posterior análisis o visualización a través de la aplicación especialmente diseñada.

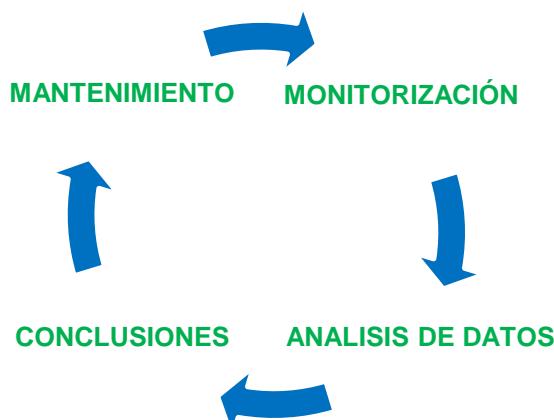


Figura 27. Ciclo de conservación preventiva mediante monitorización

La aplicación informática MHS-MC de gestión del sistema local consiste en un programa multihilos, desarrollado utilizando el software C++, con varios procesos ejecutándose de forma concurrente. Este programa lee la variación de todos los sensores continuamente. Los valores de temperatura y humedad son valores de media aritmética de cada periodo que se guarda. Las entradas digitales de los detectores se envían como suma de la variación de cada uno siendo el cero para el caso de no detección y un número entero correspondiente para el caso de detección. En caso de alarmas de seguridad, en el momento de la detección del evento, el Nodo central del edificio manda de forma automática los avisos pertinentes a los organismos habilitados sin necesidad de confirmación por parte del Centro de control MHS.

En base a las peculiaridades del configurador MHS, es posible poner en marcha automatismos de forma automática según unos umbrales establecidos por el técnico de mantenimiento o el responsable del bien monitorizado. Los criterios de activación y los tipos de dispositivos a activar se establecen por medio de la aplicación MHS-interfaz Algoritmo.

El sistema MHS también permite, tras un análisis de los datos, la activación remota de dispositivos de mantenimiento desde el Centro de control MHS. El esquema siguiente refleja el funcionamiento del sistema MHS con la conexión entre un edificio patrimonial y el Centro de control MHS.

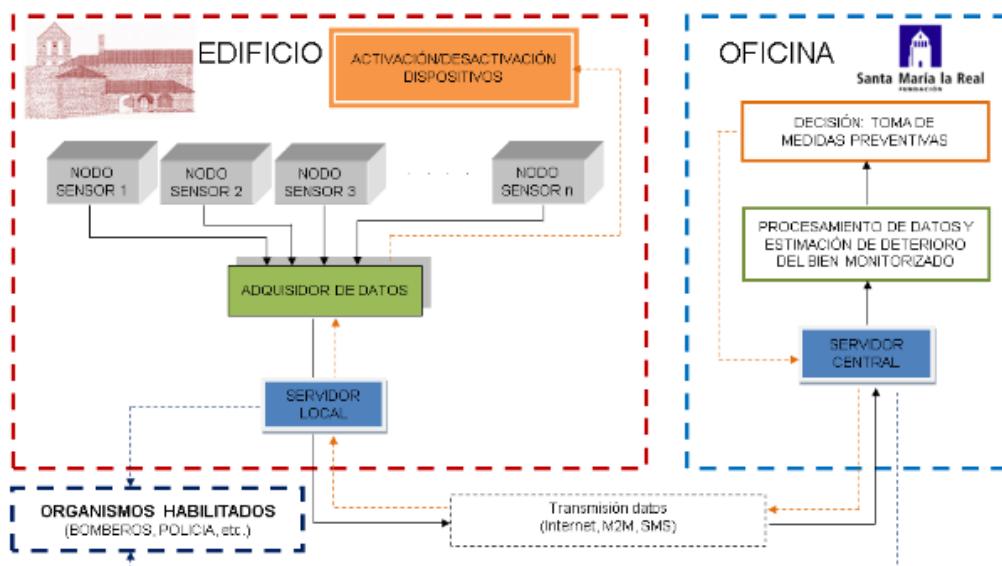


Figura 28. Esquema de funcionamiento del sistema MHS para toma de decisiones de 1 edificio.

En base a la experiencia adquirida en más de 30 años en el ámbito patrimonial, FMSR considera que la monitorización debe incluir no solamente la instalación de equipamiento y la obtención de datos sino también el análisis de estos datos y la generación de conclusiones y recomendaciones acerca de los bienes monitorizados. De este modo la obtención de datos

numéricos sin sentido alguno para el patrimonio se reemplaza por la obtención del estado de salud del bien a proteger, lo que conlleva a una mejora en la aplicación del principio de la conservación preventiva, reduciéndolo a solamente 2 acciones: monitorización y mantenimiento, tal y como se presenta en el esquema de la siguiente figura.



Figura 29. Ciclo de la conservación preventiva según MHS.

Una peculiaridad del sistema MHS es que MHS impone que todos los edificios monitorizados con el sistema MHS manden los datos de monitorización al mismo Centro de control, donde los usuarios habilitados pueden conectarse y visualizar los datos en tiempo real. De este modo los organismos de gestión del patrimonio tienen acceso a todos los bienes monitorizados de forma global desde su propia oficina, sin necesidad de trasladarse in situ. Un esquema de la gestión global MHS se presenta en la siguiente figura:

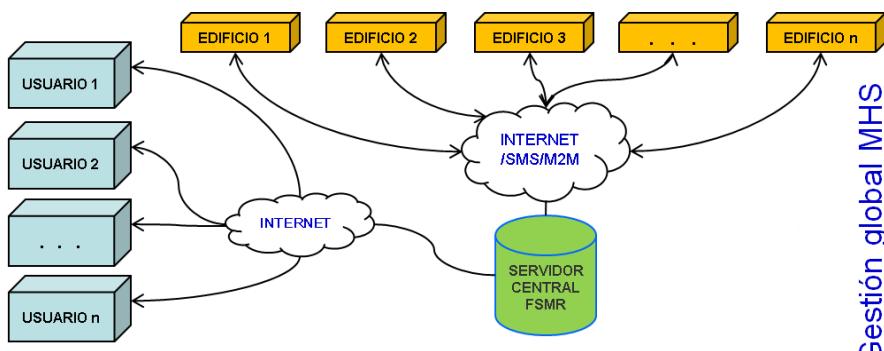


Figura 30. Funcionamiento global del sistema MHS.

Este funcionamiento global hace que el sistema MHS sea un **sistema holístico**, donde el valor del conjunto del sistema supera la suma del valor intrínseco de todos los sistemas locales. Es decir, frente a enfoques parciales, que están abundando, sobre todo centrados en eficiencia energética, MHS busca una gestión holística de los edificios públicos y privados que se concrete en herramientas, metodologías y sistemas que sean fáciles de instalar, que se adapten a las características específicas del Patrimonio, que sean más económicas y fáciles de

utilizar por el gestor del edificio y que atiendan a factores como seguridad, conservación preventiva, gasto energético y gestión de visitas con mejora de la experiencia del usuario.

## 7.5 Implementación del sistema

El sistema MHS ha sido probado con éxito en más de 100 edificios patrimoniales ubicados la mayoría de ellos en el territorio español, con excepción de los casos piloto de Francia y Portugal.

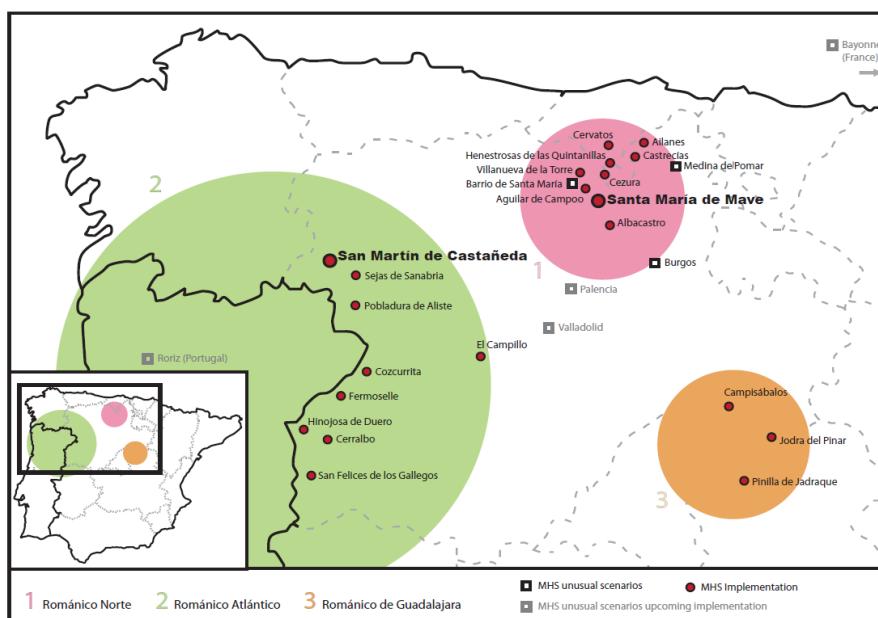


Figura 31. Ubicación de edificios monitorizados con el sistema MHS.

Según los procedimientos internos de la FSMR, para la implementación del sistema MHS en un edificio patrimonial, se requiere pasar por 4 fases distintas: fase de propuesta, fase de proyecto, fase de instalación y fase de mantenimiento.

- Fase de propuesta:** En la fase de propuesta se analiza de forma general la necesidad de la implementación del sistema MHS y se redacta una memoria básica indicando la necesidad de la implementación del sistema MHS, equipamiento estimado, pruebas necesarias y plazos requeridos para llevarlo a cabo. Esta fase puede finalizar con la aceptación de la propuesta por parte del cliente y abrir camino a la fase de proyecto.

Es posible que en esta fase se requiera una serie de acciones como la premonitorización o ensayos varios in situ o laboratorio, impuestos para poder realizar una monitorización acorde con las necesidades prácticas del edificio.

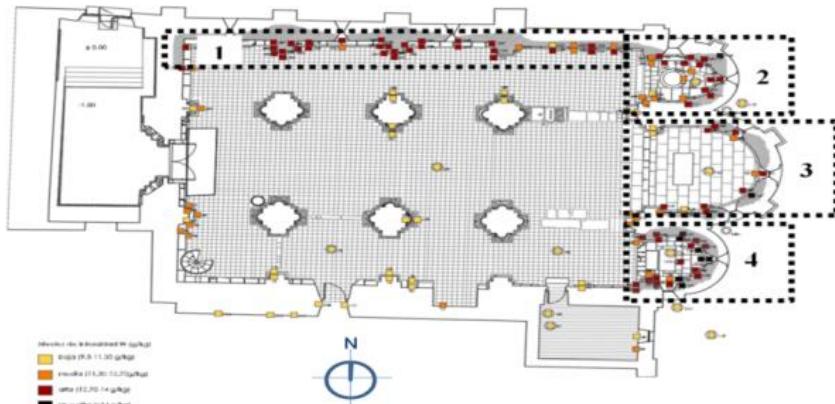


Figura 32. Plano con medidas de premonitorización.

MHS considera necesario la premonitorización como fase previa a la generación del proyecto. En base a la premonitorización se obtienen los datos objetivos necesarios para detectar los puntos críticos donde las patologías tienen mayor efecto y así poder establecer la ubicación optima de los sensores.

- **Fase de proyecto:** En la fase de proyecto se suele hacer un análisis exhaustivo de la información acerca del edificio y/o bienes monitorizados. De este modo se recompila información desde varias fuentes históricas como, por ejemplo: libros de fábrica, biblioteca, periódicos, pinturas, inscripciones, frescos, etc., que sirven para esclarecer las fases constructivas y la historia del edificio (ver ejemplos en la figura siguiente).

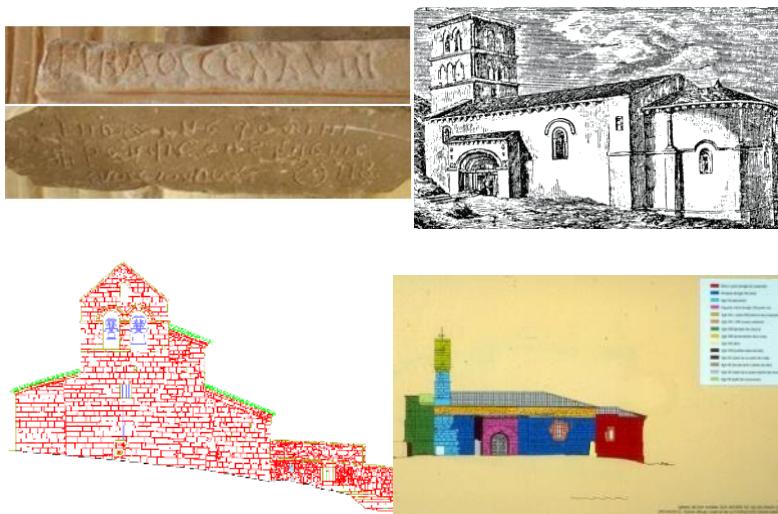


Figura 33. Ejemplo de fuentes bibliográficas y las fases constructivas de un edificio patrimonial.

En el desarrollo del proyecto se cumple con unas características específicas de trazabilidad desarrolladas por MHS, donde se indican los pasos a seguir para la

instalación y mantenimiento del sistema a instalar, de tal manera que cumpla con la funcionalidad establecida bajo los requerimientos del patrimonio. También se indican las características y la ubicación del equipamiento a instalar (ver ejemplo en la siguiente figura), el modo de funcionamiento y todos los detalles requeridos según las peculiaridades de cada instalación.

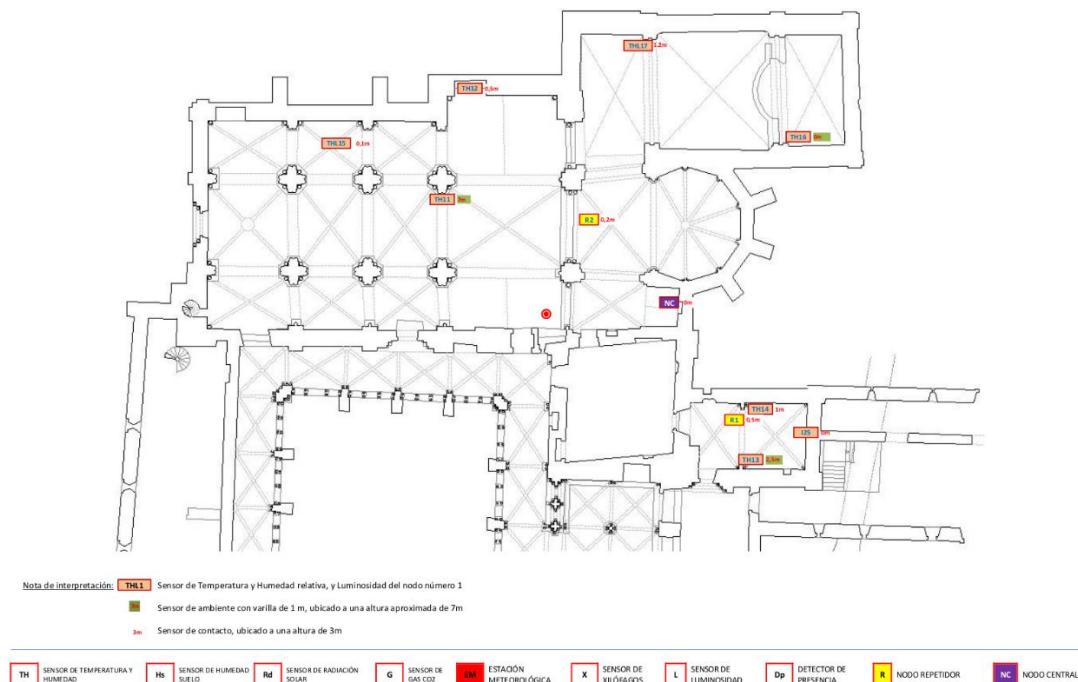


Figura 34. Ejemplo de ubicación del equipamiento de instalación.

- **Fase de instalación:** La instalación se realiza una vez conseguidos todos los permisos pertinentes y bajo el cumplimiento de las normas de seguridad y salud vigentes.

Para la ejecución de la instalación se cuenta con manuales de instalación específicos redactados por la Fundación Santa María la Real en base a la experiencia propia adquirida en patrimonio y las colaboraciones con empresas y expertos externos del ámbito patrimonial, industrial y académico. De este modo MHS intenta no solamente cumplimentar con las normativas vigentes, sino que trata de cuidar de aspectos como la reversibilidad y el aspecto exterior de la instalación para así ser respetuoso tanto con los bienes patrimoniales como con las personas que van a visitarles.

La instalación se considera finalizada cuando todo el equipamiento ha sido instalado, comprobado su funcionamiento y cumplimentado con la trazabilidad de la instalación. De este modo, al cliente se le entrega la documentación del sistema instalado y se le

da un breve curso acerca del sistema instalado y la actuación en caso de posibles avisos, alarmas o incidencias.

- **Fase de mantenimiento:** Una vez finalizada la instalación, se requiere un mantenimiento periódico no solamente del equipamiento instalado in situ sino también de los datos obtenidos, que deben ser analizados y transformación útil para el restaurador/conservador a cargo de los bienes monitorizados.

Para esta fase, MHS ha desarrollado herramientas software específicas según las necesidades reales de los restauradores/conservadores. De este modo MHS provee a sus usuarios aplicaciones software para visualizar y analizar datos y también algoritmos configurados a medida de cada escenario monitorizado.

## 8 Ejecución de la instalación

Este apartado está dirigido a los técnicos instaladores del equipamiento de un sistema de monitorización en edificios patrimoniales y constituye su guía para las diferentes situaciones que podrá encontrar al instalar este equipamiento.

Para asegurar una instalación y funcionamiento seguro de un sistema de monitorización, tome nota de los siguientes símbolos que aparecen a lo largo del documento para indicar las condiciones de peligro e instrucciones importantes.



Indica una situación en que, si no se siguen las instrucciones, puede ocasionar un peligro para la seguridad o el mal funcionamiento del equipo. Extreme la precaución y siga las instrucciones cuidadosamente.



Indica información particularmente importante para un funcionamiento óptimo del sistema. Siga atentamente las instrucciones.

### 8.1 Instalación

Los sistemas de monitorización y, en concreto, los dispositivos MHS han sido diseñado para funcionar correctamente cuando se instala en conformidad con los estándares MHS en edificios patrimoniales.

Para un mejor entendimiento de la instalación MHS, en la siguiente figura se presenta el esquema global de la instalación desde el momento que se haya generado el proyecto/memoria de monitorización y hasta la entrega de la instalación al cliente.

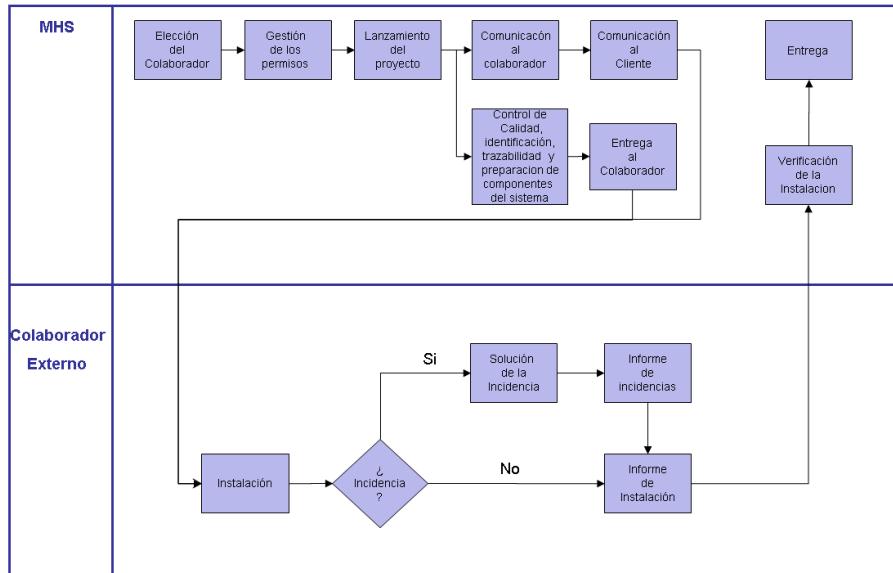


Figura 35. Esquema de trazabilidad de la instalación.

### 8.1.1 Buenas prácticas

En base a la experiencia y la filosofía FSMR en el ámbito patrimonial, a continuación, se indican un conjunto de buenas prácticas necesarias a tener en cuenta a la hora de la implementación de un sistema de monitorización en el ámbito patrimonial:

- Todos los miembros del equipo instalador se deben presentar *in situ* correctamente uniformados e identificados (con ropa adecuada y logo de la empresa a la que pertenecen impreso en la ropa).
- Durante todo el momento, el instalador debe recordar que la estancia en los edificios patrimoniales, por la razón que sea, requiere una actitud humilde y respetuosa con todas las personas y los bienes que puede haber allí.
  - Queda totalmente prohibido acciones como: silbar, gritar, fumar, etc., dentro del recinto donde se realiza la instalación.
  - Respetar los hábitos y las manías locales del personal eclesiástico y de los feligreses.
  - Respetar los actos religiosos.
  - Tener en cuenta que el personal eclesiástico es humano. Se requiere respeto y compasión por sus acciones.
  - Respetar la opinión de los demás (visitantes, fieles, vecinos, etc.) que pasen por la obra.
- Avisar antes de hacer ruido y pedir la aprobación del cliente.
- Ningún miembro del equipo instalador debe desplazarse por el edificio sin el consentimiento del cliente o responsable del inmueble.
- Pedir permiso antes de utilizar las instalaciones de las dependencias (baños, grifos, enchufes, etc.).

- Cuidar de los bienes patrimoniales.
  - No pisar las tumbas y no apoyarse en los elementos patrimoniales.
  - Utilizar protectores para las escaleras para no dañar la pared o dejar huellas.
  - No apoyar herramientas directamente sobre los bienes patrimoniales sean cuales sean (sarcófagos, mesas de culto, tapicerías, etc.). Si no hay más remedio, utilizar siempre un elemento protector por encima del bien patrimonial.
- Intentar no ensuciar y, limpiar lo que se ensucia. Limpiar la zona de trabajo antes y después de cada hornada de instalación. Tirar la basura fuera del recinto del cliente, en los contenedores específicos. Ser respetuosos con el medio ambiente.
- No reparar o tirar a la basura objetos del cliente, aunque parezcan no patrimoniales o, sin valor.
- Apartar los elementos/bienes que se pueden manchar o dañar debido a nuestra actuación.
- Mantener la discreción y la confidencialidad en todo momento.
  - No hablar mal de los clientes y los socios.
  - Respetar la confidencialidad y privacidad de la información del cliente (no buscar en cajones, leer documentos, etc.).
  - No relevar información no técnica al cliente (parte económica, posibilidades de descuento, opciones de equipamiento, etc.).
  - Utilizar solamente los canales oficiales preestablecidos para la comunicación de incidencias o peticiones del proyecto.
  - No comunicarse con los medios de comunicación sin autorización por escrito.
- No manipular las obras de arte. Para este fin se requiere una formación/preparación específica.
- No utilizar las herramientas del cliente (escaleras, equipamiento electrónico, etc.).
- No aceptar regalos y no pedir favores a los clientes. Tampoco hacer promesas o aceptar recados del cliente.
- Durante la instalación, el proyectista debe estar siempre disponible al email y teléfono o, si es posible, el proyectista debería acompañar al instalador durante la instalación.
- Cumplimentar con los plazos de ejecución de la instalación/proyecto y el horario de acceso al edificio.
- Recoger las sugerencias del cliente.
- Comunicación a FSMR todos los incumplimientos e irregularidades observadas en la obra.
- Nunca se debe dañar los objetos patrimoniales salvo existencia de permisos específicos. Si en el proyecto se especifica este tipo de daño, contactar con el responsable del proyecto.

### 8.1.2 Disposiciones para el montaje

Antes de proceder con la instalación de un sistema de monitorización o similar, el equipo instalador debe haber sido homologado y conocer el funcionamiento del sistema a instalar, funcionamiento que se indica de forma global en los manuales técnicos correspondientes.

Se debe prestar suma atención a todos los detalles de la instalación, especificados en el proyecto o memoria pertinente. Antes de proceder a montar cualquier dispositivo, el instalador debe comprobar *in situ* la viabilidad de la instalación de cada uno de los componentes del equipamiento detallado en el proyecto/memoria de monitorización. En caso de problemas, se debe contactar con la persona de contacto asignada.

En base a los procedimientos, el instalador es responsable de los siguientes aspectos:

- Llevar a cabo la instalación conforme a la redacción del proyecto.
- Entregar el plan de seguridad y salud al responsable del proyecto para su aprobación.
- Cumplir con la normativa de seguridad y salud en vigor para la fase de instalación.
- Entregar la documentación de la instalación al responsable del proyecto.

Independientemente a las responsabilidades anteriormente indicadas, antes de instalar el equipamiento, el instalador debe asegúrese de que está en posesión de la siguiente documentación:

- Permisos oficiales para la instalación.
- Proyecto o memoria descriptiva de la instalación según cada caso.
- VB del cliente para el proyecto/memoria de monitorización.
- El plan de seguridad y salud.
- El plan de instalación con el VB del cliente.

El instalador debe asegurarse que en el proyecto se han realizado todas las comprobaciones pertinentes previas a la instalación (disponibilidad de la toma de Corriente alterna, calidad de señal, existencias de inhibidores de señal y sistemas de seguridad, puntos de anclaje, etc.)

El instalador debe poseer las herramientas específicas para cada operación. Las herramientas deben ser homologadas según estándares de la Unión Europea. Algunas de las herramientas requeridas durante la instalación se indican a continuación:

- Furgoneta.
- Maletín de herramientas (llaves, destornilladores, alicates, alicates de corte, limas para acero y madera, tijeras, cíter, martillo, metro, linterna, etc.).
- Cinta aislante, cinta adhesiva doble cara (Montack), adhesivo de contacto (Montack), Loctite, cinta americana, etc.
- Bridas y elementos para sujeción de cables.

- Tacos y tornillos de diferentes medidas y para distintos materiales.
- Soldador con punta fina de 1mm para PCB, estaño, flux, desoldador.
- Destornilladores y alicate de precisión.
- Polímetro.
- Crimpeador para conectores de red de 6 y 8 pines.
- Taladro y brocas para piedra, madera y metal.
- Casco de protección, arnés, guantes.
- Escaleras (4, 6 y 9 metros).
- Ropa de trabajo con el identificativo de la empresa.
- Cámara de fotos.
- Ordenador portátil.
- Monitor, teclado PS/2 y ratón PS/2.
- Unidad de almacenamiento portátil USB.

A mayores, el instalador debe comprobar que esté en posesión de los siguientes elementos:

- Equipamiento indicado en el proyecto/memoria
  - Nodo central.
  - Nodos finales con sensores.
  - Nodos repetidores.
  - Cables de alimentación.
  - Transformadores.
  - Baterías.
- Documentación técnica (Manuales técnicos, fichas, guías, etc.).
- Ordenador portátil con el software adecuado (MHS-AL, MHS-MC, MHS-ProgramadorNodos) instalado y funcional.
- Programador JTAG específico.
- Otras herramientas específicas para llevar a cabo la instalación.

### 8.1.3 Montaje/instalación

El instalador lleva a cabo la instalación del sistema, conforme a los siguientes aspectos:

- Lo establecido en la Redacción del Proyecto.
- Las normas de Seguridad y Salud.
- El Plan de Instalación.
- Trazabilidad.

MHS recomienda los siguientes pasos a seguir para una instalación MHS:

- Realizar una visita y visualizar todos los puntos de instalación indicados en el proyecto/memoria. En esta etapa se deben hacer fotografías de las ubicaciones

exactas de cada elemento, indicadas en el proyecto/memoria, que servirá a posteriori para la generación de la documentación técnica de la instalación y testigo del estado inicial del bien.

- Conectar el Nodo central. Se debe conectar en la posición y forma indicada en el proyecto/memoria y comprobar la conexión con la BBDD central.
- Colocar los repetidores y comprobar la cobertura de todos ellos.
- Colocar los nodos con sensores.
- Ejecutar los taladros y colocar los elementos de fijación de pasta química para los fisurómetros y/o acelerómetros.
- Colocar la estación meteorológica en el exterior del edificio.
- Colocar los detectores de presencia y humo.
- Comprobar la cobertura de todos los nodos y la coherencia de los datos.
- Resolver los posibles problemas de coberturas de los nodos, colocando antenas externas o reubicando la posición de las antenas de los repetidores y/o nodo coordinador.
- Comprobar el envío y guardado de los datos a la BBDD central. Para este fin se debe utilizar las herramientas MHS-AL o la web del proyecto.

En caso de que durante la ejecución de la instalación se presente alguna incidencia, bien sea relacionada con los puntos y formas de anclaje de los nodos y sensores, o bien sea de otra naturaleza, el instalador consulta con el redactor del proyecto o responsable de proyecto sobre la solución. Si la incidencia es de menor importancia y el instalador decide, por la razón que sea, resolverla bajo su responsabilidad, se debe hacer en base a los procedimientos de ejecución y dejando constancia de los cambios realizados en las fichas de incidencias correspondientes. De todas formas, cualquier cambio que surge con respecto al proyecto/memoria inicial, debe ser registrado en las fichas de incidencias y contar con el VB del responsable del proyecto.

En todo caso, formalizará una relación por escrito de las incidencias que se hayan presentado y de la solución adoptada.

Las incidencias referidas a modificaciones de cualquier clase en el sistema instalado deberán contar con el Vº Bº del responsable del Proyecto y se adjunta a la carpeta del proyecto.

### **8.1.3.1 Ubicación y visibilidad del equipamiento**

La ubicación de cada elemento debe cumplir con los requerimientos legales del ámbito patrimonial y con la visión y exigencias de la Fundación Santa María la Real.

No se debe colocar ningún elemento de la instalación encima de pinturas murales, tallas, cuadros, capiteles, detalles arquitectónicos, u otros bienes patrimoniales, etc., siempre y

cuando esta colocación conlleve algún mínimo deterioro, modificación, intervención o desperfecto en el bien.

Se deben evitar ubicar sensores cerca de elementos que pueden afectar a las medidas de los parámetros monitorizados (ej. focos de luz, agua, chimeneas o radiadores, aire acondicionado, etc.)

Si dentro del edificio hay sistemas de seguridad instalados, se debe evitar colocar sensores y elementos del sistema de monitorización cerca de estos sistemas y para cualquier coincidencia de ubicación entre equipamiento sistema de monitorización y equipamiento de seguridad, antes de la instalación se debe avisar al gestor de dicho sistema.

Por motivos de mantenimiento se debe evitar la colocación de equipamiento en sitios de difícil acceso o que requieran medios auxiliares complejos o caros (andamios, grúas, plataformas, etc.).

Siempre que se deba utilizar una fijación mecánica, para la colocación de los elementos de la instalación, se debe procurar taladrar en las juntas entre las piedras, siempre que no existan canalizaciones eléctricas o de otro tipo en dichas juntas, evitando el daño directo a las piedras.

En el exterior del edificio se debe cumplir con los aspectos estéticos del edificio y del entorno, cumpliendo con la legislación vigente. En caso de edificios BIC, la visibilidad de toda la instalación está sujeta a los permisos pertinentes del patrimonio.

En el caso de los sensores estructurales, sensores de rotura de cristal, o elementos de sistema que son significativamente más visibles debido a su volumen o a su ubicación, se hará todo lo posible por minimizar dicho impacto visual.

En el caso de detectores de humo e incendio o elementos de seguridad, se deben instalar cumpliendo con las instrucciones de los fabricantes de cada equipamiento concreto, además de cumplir con la legislación vigente aplicable para cada elemento. Para este tipo de elementos es muy importante respetar la distancia entre el elemento sensor y los bienes de su alrededor, así como la orientación y ubicación de estos.

Para cualquier instalación de un sistema de monitorización se debe cumplimentar con las indicaciones de instalación previstas en el proyecto/memoria de monitorización correspondiente.



Queda tajantemente prohibido cualquier tipo de taladro, roza o acción que puede infligir un daño irreversible en los bienes patrimoniales.

### 8.1.3.2 *Fijación de los elementos*

Para la fijación del equipamiento de cualquier sistema de monitorización, sean elementos simples o dispositivos complejos, se debe cumplir con la legislación vigente correspondiente y respetar las recomendaciones del patrimonio.

Según las peculiaridades de cada ubicación y el tipo de dispositivo/elemento a instalar se recomienda los siguientes tipos de fijación:

- Para los cables
  - Taco de plástico
  - Bridas
  - Canaletas
- Para los nodos del sistema de monitorización
  - Taco de plástico
  - Tornillo
  - Bridas
  - Adhesivo de contacto Montack (recomendado por FSMLR)
- Para sensores tipo fisurómetros/acerómetros
  - Taco químico

### 8.1.3.3 *Nodo central*

Normalmente, el Nodo central no requiere fijación mecánica, se debe colocar en posición horizontal ya que puede contener en su interior una batería de plomo ácido de respaldo. En el caso de no llevar dicha batería se podría colocar en posición vertical, como excepción.

El equipamiento MHS-NC puede estar compuesto, no sólo de un Nodo central y cable de alimentación, sino también de componentes como: filtro de alimentación para la red eléctrica, SAI externo, PLC, router o switch de conexión a internet, elementos de equipamiento externo a MHS, etc.

La ubicación del equipamiento MHS-NC se especifica en la memoria o proyecto de monitorización y debe ser acorde a los requerimientos del patrimonio y adaptada a las peculiaridades de cada edificio.

Para una adecuada ubicación del Nodo central, se deben posicionar las antenas de GSM y de la red MHS. Para la antena de GSM, se deberá elegir la ubicación más favorable en cuanto a cobertura dentro de la longitud de cable de que dispone dicho Nodo central. Para la antena de la red MHS, la ubicación debe garantizar una buena cobertura con los repetidores de la red MHS. Si fuese necesario, se puede ampliar el alcance de la antena de la red MHS, sacando el nodo coordinador del Nodo central y sustituyendo el latiguillo de conexión de dicho Nodo coordinador por otro de mayor longitud (de hasta 3m).

Si por razones de falta de cobertura fuese necesario colocar el Nodo central en otra ubicación distinta a la de proyecto/memoria, se deberá consultar con el responsable de proyecto y documentar el cambio de ubicación en una ficha de incidencia.

Siempre hay que tener en cuenta para la ubicación del Nodo central, de que tiene que estar en un sitio accesible para su posterior mantenimiento, con suficiente espacio para la ubicación de un monitor, teclado y ratón, necesarios en las operaciones de mantenimiento.

### 8.1.3.4 Nodos finales y repetidores

Los nodos finales con sensores suelen funcionar con baterías no recargables, lo que aumenta la autonomía de los nodos y facilita su instalación.

Los nodos finales son elementos de poco peso y en la gran mayoría de los casos se pueden fijar con una pasta adhesiva adecuada.

Para el caso de fijaciones mecánicas, el taladro a realizar para la colocación del nodo debe ser mínimo y siempre teniendo en cuenta las restricciones del bien o soporte en el que se colocará el nodo. Para este tipo de fijaciones será necesario realizar un orificio en la caja del nodo en el lugar especificado a tal efecto.

El método de fijación de los nodos estará especificado en la memoria/proyecto del sistema de monitorización, aun así, el instalador debe ser consciente de las limitaciones que imponga cada una de las ubicaciones en cuanto al tipo de soporte o bien patrimonial, en el que se situarán los nodos.



Bajo ningún concepto se colocarán nodos con fijación mecánica o adhesiva que deterioren o hagan un daño irreparable sobre un bien patrimonial de interés (pintura, tapiz, artesonado, esculturas, lienzos, tablas policromadas, retablos, etc...).

### 8.1.3.5 Detectores

Los detectores de humo y presencia tienen sus propios manuales de instalación, con sus peculiaridades técnicas que pueden variar según cada fabricante. Siga sus indicaciones para ubicar/posicionar el dispositivo y utilice los métodos de fijación indicados en el proyecto/memoria.

Una vez instalados este tipo de sensores, se llevarán a cabo las pruebas pertinentes para verificar el funcionamiento correcto de este tipo de sensores.

### 8.1.3.6 *Cableado*

Aunque el sistema MHS es un sistema de sensores inalámbricos, hay situaciones en las cuales se debe utilizar cables de alimentación o de datos para cumplir con los requerimientos de funcionamiento del sistema de monitorización.

El caso más común es la instalación del Nodo central o de una estación meteorológica que requieren conexión a una fuente de energía, normalmente a través de una fuente de alimentación conectada a la red eléctrica.

El cable debe estar, en la medida de lo posible, oculto a simple vista. Para dicho fin se pueden utilizar rozas, canaletas o pintura, según cada caso siempre y cuando este previsto en el proyecto/memoria. Si este aspecto no está especificado, se debe contactar con MHS para obtener los permisos pertinentes.



Estas instrucciones no reemplazan las normativas locales o nacionales. De hecho, el conocimiento de la reglamentación y la normativa vigente es un paso previo imprescindible.



Queda totalmente prohibido al equipo instalador manipular las obras de arte, independientemente de la razón que sea. Para estas tareas se debe contar con personal cualificado para tal fin.

### 8.1.4 Pruebas/Comprobación de la instalación

#### 8.1.4.1 *Funcionamiento del sistema*

Comprobación de la coherencia de los datos según las especificaciones del proyecto/memoria de monitorización.

Comprobación visual del equipamiento y su integración con el entorno.

Adecuación del equipamiento para cumplimentar con los requerimientos de funcionamientos descritos en el proyecto.

La comprobación de los datos se cumplimenta en 2 pasos:

- a) Comprobación de los datos en el monitor conectado al Nodo central.  
Para esta comprobación se debe asegurar que la aplicación MHS-MC debe funcionar a parámetros normales y ser visible en la pantalla. Se deben observar los datos que llegan a la aplicación en la ventana del MHS-MC y luego comprobar los datos en los ficheros de datos guardados en la carpeta de datos. Se debe comprobar no solamente la existencia de datos sino también la coherencia de estos datos (fecha de guardado, intervalo de tiempo, numero de parámetros, valor de cada parámetro, etc.).

- b) Comprobación de los datos en la BBDD del Centro de control.

Para esta comprobación se pueden utilizar la aplicación MHS-AL o a través de la página web <https://patrimoniofsmlr.com/>. La comprobación de la existencia y coherencia de los datos se debe realizar igual que en el paso anterior.

### 8.1.4.2 *Calidad de la instalación*

La calidad de la instalación se define en base al cumplimiento del proyecto, los métodos empleados para la instalación (conexión, fijación, posición, etc.), el resultado visual y funcional de la misma.

Se deben tomar las fotos pertinentes de cada uno de los elementos instalados.

Se debe redactar un informe de instalación cumpliendo con las pautas de redacción indicadas en el modelo tipo, anexado al presente documento.

Una vez finalizada la instalación, se debe contar con el VB del responsable del Proyecto.

Para la comprobación del buen funcionamiento del sistema instalado, en la entrega se provocará la generación de un aviso por el sistema para verificar su recepción y mostrar su funcionamiento.

### 8.1.4.3 *Informe de Instalación*

El informe se debe realizar en base a un modelo de informe que debe incluir un resumen – listado de los siguientes elementos:

- Quien y cuando ha realizado la instalación.
- Qué elementos se han instalado y donde han sido instalados.
- Cambios realizados con respecto al proyecto/memoria de monitorización y su justificación.
- Fotografías de cada elemento instalado.

### 8.1.5 *Entrega de la instalación*

La instalación se considera finalizada una vez cumplimentado con los siguientes aspectos:

- Informe de instalación.
- Aceptación del cliente: conformidad mediante firma en el Informe de la Instalación.
- Formación al cliente acerca de:
  - Normas de uso y mantenimiento del sistema. Se explicará el sistema instalado y sus características generales de funcionamiento, detallando si es necesario cómo identificar la activación o desactivación de sus elementos, las averías previsibles y cualquier otro punto que sea necesario destacar.

Se explicará así mismo el Plan de mantenimiento, poniendo especial atención en aquellas pautas que deban ser realizadas por el cliente, explicando la manera de llevarlas a cabo. Se le entregará un resumen de estas pautas con sus fechas correspondientes.

- Normas para la gestión de incidencias, clasificadas según su tipología y con la pauta de actuación ante cada una de ellas.

Para una buena gestión de los dos puntos anteriores, en la entrega se acordará con el cliente quién es la persona de contacto a la que MHS debe avisar en caso de necesidad. El cliente designará una y facilitará teléfonos, emails y dirección de contacto.

Esta información será trasladada por el instalador al responsable de relaciones con el cliente

- Tutorial sobre el acceso y el análisis de datos a través de la web o mediante la aplicación de software específica, según lo estipulado en el contrato, con entrega de la clave y explicación del método de acceso.
- Prueba de avisos.

## 8.2 Uso y mantenimiento

Los sistemas de monitorización con elementos sensibles que requieren un uso y cuidado especial.

Las principales recomendaciones para el uso y mantenimiento de un sistema de monitorización son las siguientes:

- No apagar o desconectar el equipamiento instalado de la red eléctrica en condiciones normales.
- No almacenar o colocar elementos ajenos al sistema de monitorización en las ubicaciones de los equipos del sistema.
- Mantener la ubicación de los equipos del sistema de monitorización, seca, limpia, organizada y accesible en la medida de lo posible.
- No tocar el equipamiento instalado. Al ser equipamiento electrónico puede haber electricidad estática.
- En el caso de que salte cualquier alarma sonora, comprobar en primer lugar si hay fuego o humo. En tal caso avisar inmediatamente al 112.
- En el caso de falso alarma y una vez comprobado que no se percibe humo o fuego, airear la ubicación del sensor y si el sonido persiste, desconectar el dispositivo durante un minuto y volver a conectarlo.

### 8.2.1 Controles periódicos preventivos

#### 8.2.1.1 *Inspección visual*

Se debe comprobar el aspecto exterior e interior de cada dispositivo por separado, tomando fotografías del estado de cada uno de ellos.

Se debe hacer hincapié en la detección de manchas de humedad, óxido, sales, ruidos, etc.

#### 8.2.1.2 *Parada/desconexión del sistema*

La parada del sistema de monitorización con fines de mantenimiento puede ser: parcial o completa.

En el caso de que sea necesario comprobar el funcionamiento o reemplazar un componente del sistema, este componente o el dispositivo que lo contiene puede apagarse siguiendo las instrucciones de apagado indicadas en su manual técnico correspondiente.



Antes de manipular el equipamiento electrónico MHS, apáguelos y desconéctelos de la red eléctrica.

Nunca se deben tocar los elementos electrónicos o las partes sensibles de los sensores.

#### 8.2.1.3 *Limpieza del equipo*

El equipamiento de monitorización, como cualquier equipamiento electrónico requiere una serie de cuidados de limpieza. Dependiendo del sitio en el cual se ubica el equipamiento puede requerir diferente tipo de limpieza.

Antes de quitar el polvo del exterior de los nodos finales y central, se debe apagar el equipo en cuestión y utilizar un paño seco o una brocha, prestando sumo cuidado a no cambiar accidentalmente de posición los conectores de las cajas o introducir polvo en interior de los dispositivos.

La limpieza de los sensores debe realizarse según las especificaciones del fabricante de cada sensor.

#### 8.2.1.4 *Recalibración de sensores*

Cada sensor requiere comprobación de buen funcionamiento y recalibración según las especificaciones del fabricante y normativas en vigor.



Si hay dudas acerca de los plazos de recalibración a tener en cuenta (plazos indicados por el fabricante y plazos indicados por normativas) se debe elegir los plazos más restrictivos.

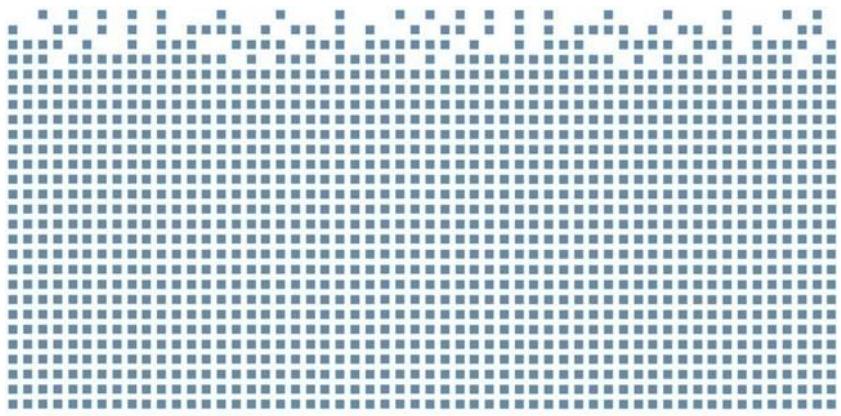
La recalibración de sensores puede requerir equipamiento electrónico y compuestos químicos que deben ser manipulados solamente por técnicos especializados.

## 9 Resumen

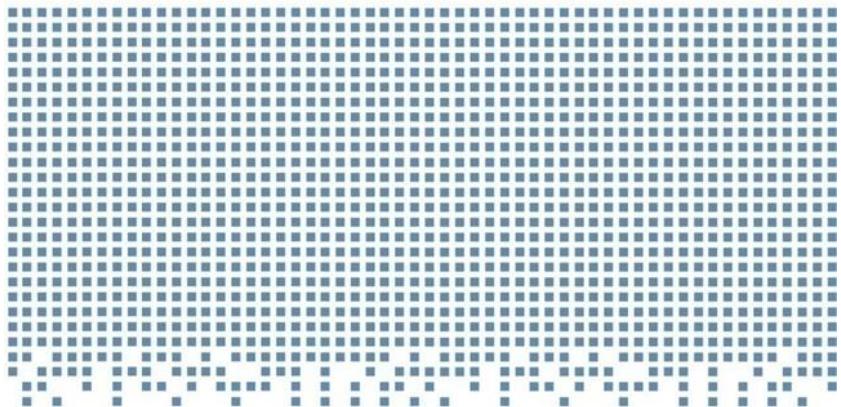
En resumen, la tarea entrega un documento que recoge el desarrollo de una metodología de sensorización y monitorización de edificios patrimoniales que puedan encontrarse en situación de riesgo por inundaciones, mediante el análisis, la descripción, características y los requerimientos para la implantación del equipamiento necesario para la obtención de datos en tiempo real de aquellos edificios en dicha situación. El documento describe una solución abierta e integrable, con datos de alta fiabilidad y disponibilidad en tiempo real, que permite la creación de histórico de seguimiento, y una total adaptación e integración a diferentes tipos de situaciones y edificios que se ubican en cabeceras de cuenca, que permite la evaluación y seguimiento del impacto de posibles eventos que pudiesen acontecer.

## 10 ANEXOS

- 10.1 Propuesta de instalación Paços do Conselho do Cascais (Portugal)
- 10.2 Informe de instalación Colonia Venero Claro en Ávila (España)



**Paços do Conselho do Cascais  
Portugal**



## Índice

MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA..... 3

SISTEMA MHS ..... 5

PROPOSTA TÉCNICA ..... 8

DETALHE DA INSTALAÇÃO..... 16

ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA  
MHS..... 25

ANEXO II: ALGUNOS EDIFICIOS  
MONITORIZADOS..... 33

## MOTIVAÇÃO DA PROPOSTA

A inundatio surge com o claro desafio de tornar o território do Sudoe mais seguro e resistente, minimizando as perdas materiais e humanas causadas por inundações ou tempestades repentinhas, automatizando a modelação dos riscos de inundaçao nas cabeceiras de rios através de técnicas de inteligência artificial e análise de Grandes Dados.

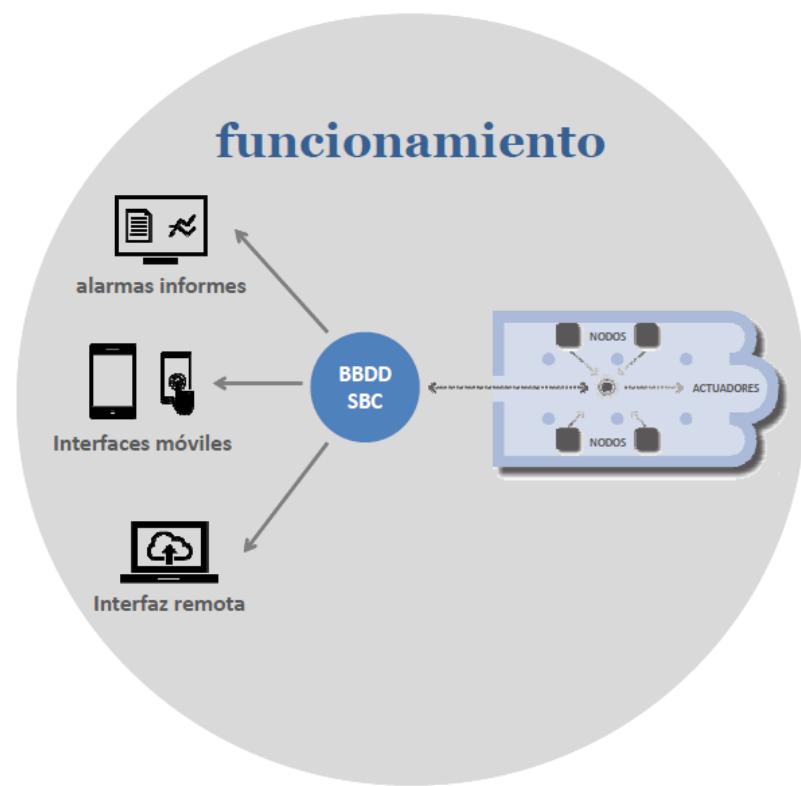
Esta proposta de acção é desenvolvida em resposta à necessidade de monitorização que os edifícios patrimoniais têm, e mais especificamente, para a sua aplicação no piloto Ribeira das Vinhas, Serra de Sintra, Cascais. A proposta materializa-se na instalação de um sistema de monitorização em edifícios históricos que permite controlar as condições ambientais do edifício e a possível afectação de fenómenos naturais, tais como possíveis inundações.

A informação recolhida pelo sistema será muito relevante para determinar o possível nível de efeito das condições ambientais na conservação dos bens, bem como para definir orientações e critérios de conservação preventiva adequados tanto às características do edifício como aos bens sob custódia.



## SISTEMA MHS

O sistema MHS é um módulo tecnológico que faz parte de uma plataforma geral para a gestão, utilização e conservação preventiva do património. Desta forma, o sistema constitui uma ferramenta poderosa que melhora a gestão e o conhecimento dos parâmetros ambientais e estruturais e os relacionados com a gestão da utilização dos edifícios, bem como a sua análise e visualização, centrada na tomada de decisões.



## Operação

O sistema contém uma rede de sensores sem fios e/ou com fios, dependendo das necessidades, que registam os valores de temperatura, humidade, iluminação, presença, radiação solar, etc., e enviam-nos através da plataforma para a base de dados, onde são continuamente analisados, detectando instantaneamente os valores que põem em perigo a conservação do bem ou que não são adequados para uma gestão eficaz.

## Gestão de dados

O software que integra o MHS, e ao qual os técnicos responsáveis pela gestão do bem cultural terão acesso, permite a avaliação online dos dados, permitindo a detecção em tempo real de variações nos parâmetros que vão além dos limites de risco admissíveis. MHS traduz uma recolha ordenada de dados em informação para facilitar as decisões apropriadas para os responsáveis pelo trabalho. Além disso, terá sempre a assistência técnica da Fundação Santa María la Real.

Toda a informação fornecida pelo sistema de monitorização remota é convenientemente registada numa base de dados que não só serve como registo documental, mas também permite ao utilizador autorizado visualizar esta informação de duas formas diferentes:

Acceso web: <https://patrimoniosmlr.com/app/>

APP para Android.



## PROPOSTA TÉCNICA

A proposta técnica para a gestão e controlo da conservação preventiva no Paço do Conselho, em Cascais, Portugal, é detalhada abaixo.

O plano de monitorização é materializado através do sistema MHS, desenvolvido pela Fundação do Património Histórico de Santa Maria la Real, que permite a medição e controlo dos parâmetros seleccionados, a fim de optimizar a gestão e conservação dos bens, minimizando a sua deterioração.

Segue-se uma repartição dos elementos que compõem a infra-estrutura e a disposição proposta para o equipamento.



## Extensão

Após a análise preliminar, foram identificados os pontos mais relevantes para a instalação e distribuição de equipamento, sensores e detectores. A proposta está principalmente orientada para as áreas destinadas ao espaço de exposição com dois objectivos diferentes, o estudo das condições de conservação preventiva e o estudo das condições de inundaçāo.



MHS | Conservación Preventiva del Patrimonio Cultural

## Planta baja



Interreg Sudoe  
INUNDATIO



Santa María  
la Real fundación

## conservación del patrimonio

Planta primera





**LEYENDA:**

	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> AMBIENTAL 2 metros	SALA MUSEO 1
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> AMBIENTAL 2 metros	SALA MUSEO 4
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> AMBIENTAL 2 metros	TIENDA DE REGALOS
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> AMBIENTAL 2 metros	EXPOSICIÓN PRIMERA PLANTA
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> AMBIENTAL 2 metros	SALÓN DE PLENOS
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> CONTACTO 0,2 metros	SALA MUSEO 4, MURO OESTE
	<b>Temperatura + Humedad relativa</b> CONTACTO 0,2 metros	TIENDA DE REGALOS, MURO NORTE
	<b>Temperatura + Humedad relativa + Luminosidad</b> CONTACTO 1 metros	SALA MUSEO 1
	<b>Temperatura + Humedad relativa + Luminosidad</b> CONTACTO 1 metros	EXPOSICIÓN PRIMERA PLANTA
	<b>Temperatura + Humedad relativa + Luminosidad</b> CONTACTO 1 metros	SALÓN DE PLENOS
	<b>Detector de Inundación</b> CONTACTO 0 metros	ENTRADA PRINCIPAL, RECEPCIÓN
	<b>Detector de Inundación</b> CONTACTO 0 metros	ENTRADA MURO SUR

*Mapas de localización de sensores e legenda*

A lista de equipamento, detalhes de instalação e a localização de cada um dos nós serão os descritos no plano anterior e na tabela seguinte:

Número Nodo	Tipo Nodo	Características Nodo	Color Nodo	Ubicación Nodo	Altura aprox. [m]
N1	THa	TH Amb. Caja horiz. Var U Blan 50cm, Batería	Negro	Sala museo 1	2
N2	THa	TH Amb. Caja vert. Var O 20cm horz. Batería	Blanco	Sala museo 4	2
N3	THa	TH Amb. Caja vert. Var O 20cm horz. Batería	Blanco	Tienda regalos	2
N4	THa	TH Amb. Caja vert. Var O 20cm vert. Batería	Blanco	Exposición primera planta	2
N5	THa	TH Amb. Caja horiz. Var U Blan 50cm, Batería	Negro	Salón de plenos	2
N6	THc	TH Contacto, Batería	Negro	Sala museo 4, muro oeste	0,2
N7	THc	TH Contacto, Batería	Negro	Tienda de regalos, muro norte	0,2
N8	TH+L	TH Contacto, Luminosidad en tapa, batería	Blanco	Sala museo 1	1,2
N9	TH+L	TH Contacto, Luminosidad en tapa, batería	Blanco	Exposición primera planta	1,2
N10	TH+L	TH Contacto, Luminosidad en tapa, batería	Blanco	Salón de plenos	1,2
N11	I	ADC1=Inundación, 5v	Negro	Entrada principal, recepción	0
N12	I	ADC1=Inundación, 5v	Blanco	Entrada muro sur	0
NCL	NC	Nodo central Linux		Recepción	
R1	Repetidor	Repetidor, Antena 5Dbi, 5v			

Os nós correspondem a cada um dos pontos de controlo a instalar. Cada nó é composto por um ou mais sensores, um circuito de comunicações e uma bateria ou fonte de alimentação (dependendo do tipo de nó).

## Monitorização das condições ambientais

### TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA

Os sensores de temperatura ambiental e humidade relativa são instalados no interior do edifício a fim de controlar os espaços onde a monitorização estrutural está a ser efectuada, perto das áreas de intervenção, tendo em conta as diferentes orientações, usos e configuração de construção do edifício. Este controlo permite registar a variação da dinâmica ambiental à medida que o dia passa, e medir as condições reais de conservação. O objectivo dos sensores de contacto é caracterizar o comportamento termo-higrométrico do material na sua superfície, de modo a correlacionar estes valores com o comportamento do espaço em que se encontram, e mesmo determinar o risco do aparecimento de condensação.

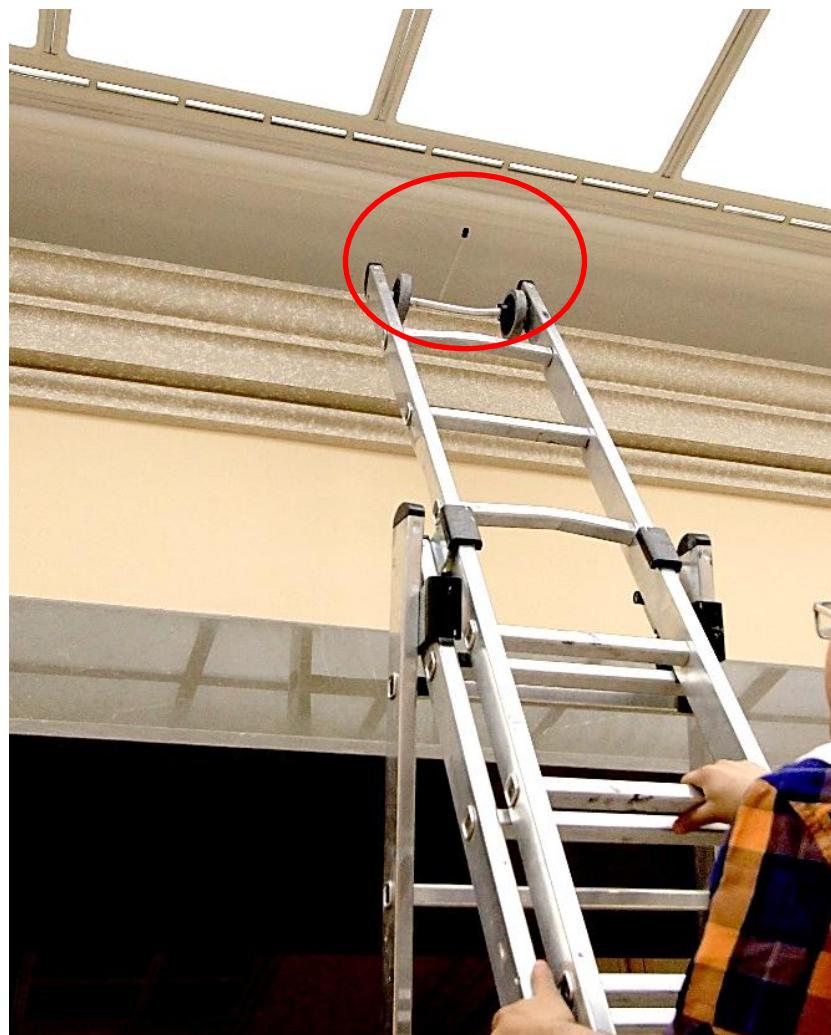
### LUMINOSIDADE

Os sensores de luminosidade medem a quantidade de luxos com que uma fonte de luz atinge directamente as superfícies dos bens patrimoniais, tornando possível identificar situações de risco (proliferação de outras patologias, tais como humidade, descoloração, colónias, etc.), pelo que é necessário efectuar este controlo sobre os elementos críticos.



## DETALHE DA INSTALAÇÃO

**Nodo 1 y 5.** Devem ser colocados sobre um parapeito na sala, com o sensor na extremidade de uma vara com até 50 centímetros de comprimento, estando o nó de comunicação escondido acima do parapeito. Um exemplo é mostrado na figura abaixo.



**Nodos 2 y 3.** Serão nós brancos suportados ou presos às paredes, com o sensor na extremidade horizontal ou vertical de uma haste de 20 cm de comprimento. Um exemplo pode ser visto na figura seguinte.



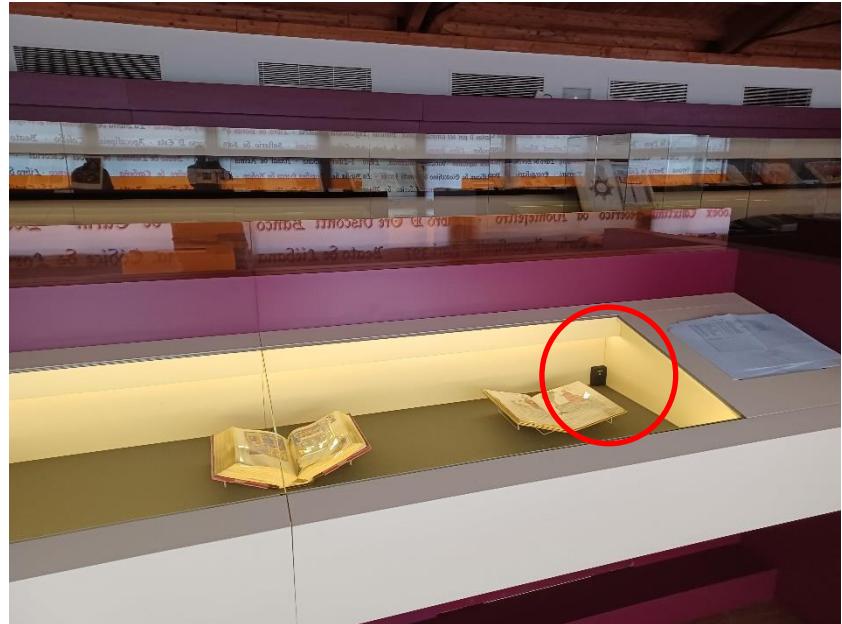
**Nodo 4.** Será fixado às calhas de iluminação, em branco, com o sensor na extremidade de uma haste vertical de aproximadamente 50 cm. Um exemplo pode ser visto na figura seguinte.



**Nodos 6 y 7.** Será fixado à parede em preto, com o sensor na lateral da caixa em estreito contacto com a parede ou bem a ser monitorizado. Um exemplo pode ser visto na figura seguinte.



**Nodo 8.** Será colocado num dos expositores do museu, o sensor de temperatura e humidade será colocado na lateral da caixa e o sensor de luminosidade na tampa, em branco. Um exemplo pode ser visto na figura seguinte.



**Nodos 9 y 10.** Serão fixados nas paredes, perto da localização das obras e em posições semelhantes às dos quadros de informação das pinturas. Altura aproximada de 1,20 metros. Um exemplo pode ser visto na figura seguinte.



**Nodos 11, y 12.** Estes nós serão fixados à parede, nas áreas descritas no plano de localização. O sensor é colocado ao nível do solo para detecção de água, a electrónica fixada à parede a uma altura de aproximadamente 50 centímetros. Precisam de alimentação eléctrica, é preferível que o transformador seja colocado num recesso, por exemplo, mesmo atrás do nó, dentro das paredes. Um exemplo de instalação pode ser visto na figura seguinte.



**Nodo central.** O nó central deve ser instalado como uma unidade montada na parede ou em parede, na área de acesso ao edifício. Tem de ser ligado a uma tomada de alimentação permanente e a uma ligação à Internet, de preferência a uma tomada ethernet com fios. O nó central parece-se com a figura seguinte.



## Considerações gerais

O equipamento a ser instalado e a sua localização dependerão da avaliação inicial e serão concebidos de acordo com as necessidades específicas do edifício uma vez implementado o projecto.

O cliente deve fornecer um local para a localização dos sistemas, que é fornecido com electricidade. Não estão incluídos no orçamento a remoção dos sistemas, assistência de alvenaria se necessário, ajudas de instalação e manutenção, o fornecimento de tomadas de corrente, bem como o custo de quaisquer formalidades legais ou regulamentares.

O serviço prestado pelo sistema de monitorização depende do bom funcionamento das redes de telecomunicações de terceiros, o que exclui, portanto, este factor da sua responsabilidade em caso de mau funcionamento.

O cliente deverá fornecer uma ligação à Internet para a ligação do sistema, essa ligação deverá permitir o envio de informações e o acesso remoto ao sistema.

Para qualquer informação adicional contactar o apoio técnico do MHS: [contacto@mhsproject.com](mailto:contacto@mhsproject.com)

## ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA MHS

El sistema MHS es fácilmente configurable y ampliable, permitiendo la integración de nuevos módulos y sensores que respondan a las necesidades específicas de cada elemento y sus bienes (eficiencia energética, gestión de visitas, seguridad...).

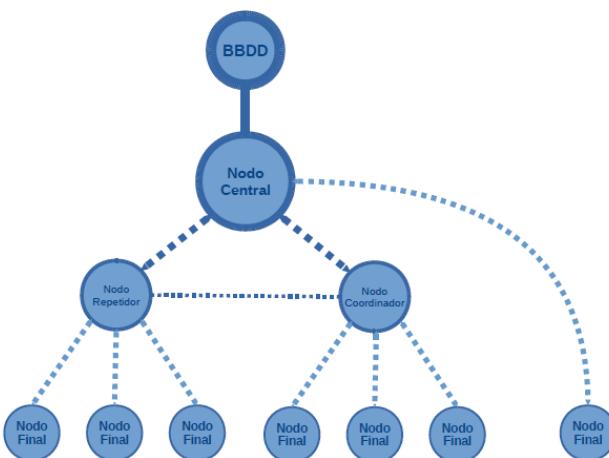
Además, puede contemplar la integración de los sistemas de control y seguimiento existentes, e incluso la posibilidad de realizar la incorporación al sistema del registro histórico de datos del que dispongan los gestores, para su análisis de forma conjunta con los datos obtenidos mediante el sistema MHS. Es posible, también, integrar en el sistema actuadores automáticos, de modo que las acciones correctivas puedan implementarse de forma instantánea, evitándose, o minimizándose, las situaciones de riesgo. Estas funcionalidades serían objeto de una valoración independiente.



## Infraestructura

La red de monitorización ha sido diseñada teniendo en consideración la morfología de cada elemento patrimonial, las características de los subsistemas de comunicación del sistema MHS y los requerimientos técnicos de control y gestión. La red que se ha proyectado se distribuye de forma jerárquica desde un nodo central hasta los repetidores de planta mediante conexiones inalámbricas. Esta red permite ubicar los sistemas de medición de formas muy diversas. Es flexible y permite la conexión de una gran variedad de sensores. El desarrollo de la programación específica permite incorporar funciones complejas a los nodos para asegurar su supervivencia y el gasto mínimo de energía.

En la siguiente figura se muestra, de forma esquemática, los subsistemas y los elementos funcionales que componen la red de funcionamiento del sistema MHS.



*Red de funcionamiento del sistema*

Por ejemplo, se pueden implementar estrategias de envío de datos solamente cuando hay determinados cambios en los valores, o en función de los valores promedio de una muestra e incluso es posible procesarlos y realizar algunos cálculos. Además, mediante el uso de mensajes se puede implementar una configuración remota. Estos aspectos, y las mejoras futuras del sistema WSN, convierten a esta tecnología en una opción muy útil para resolver las redes de comunicación.

Para la transmisión de los datos a nivel interno se utilizan sistemas inalámbricos donde basados en tecnología ZigBee, protocolo de alto nivel de comunicación inalámbrica, recomendado por su bajo consumo (optimización en baterías), por la seguridad con baja tasa de envío de datos y por su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

En función de las características de infraestructura de cada bien y su emplazamiento (conexión a internet, cobertura móvil, etc.), la comunicación con el servidor central podrá ser:

- Vía internet: Esta opción es la ideal pero no es aplicable a todos los edificios patrimoniales debido a la falta de conexión a internet, especialmente en el medio rural.
- Vía GPRS: condicionada por la cobertura que tengamos en el inmueble, necesitamos un transmisor GPRS y una tarjeta de teléfono.

Una vez recibidos los datos se procesan y guardan en una BBDD de datos central MySQL.

Posteriormente, el sistema puede establecer recomendaciones de acción humana correctivas, con base en los cálculos puntuales que realice el software según el algoritmo de programación o bien accionar dispositivos de manera automática para corregir valores en el caso de ciertos parámetros (temperatura, humedad, iluminación, etc.).

## Software

El software MHS APP tiene como objetivo ofrecer a todos los usuarios habilitados la visualización en tiempo real de los parámetros monitorizados.

Además, satisface los estándares actuales de aplicación web y permite el acceso desde cualquier ubicación. La interfaz es responsive, por lo que facilita la visualización desde cualquier dispositivo (tablets, smartphones, etc.).

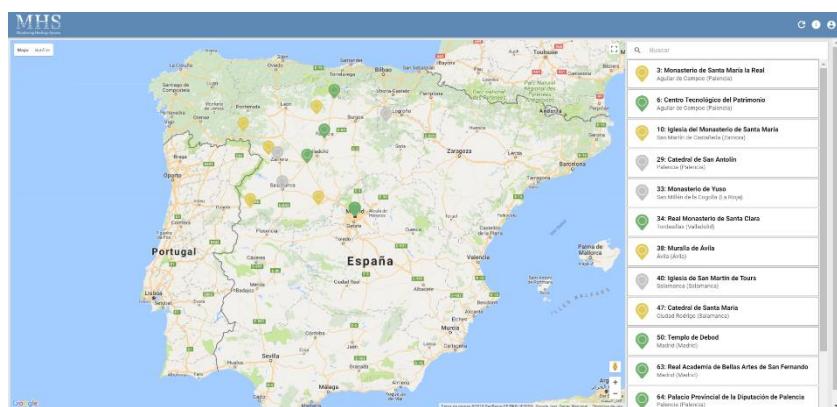
Todo el sistema MHS cuenta con escalabilidad suficiente para soportar el volumen de datos necesario. Además, es compatible con cualquier protocolo de comunicación.

Posee diversas funcionalidades:

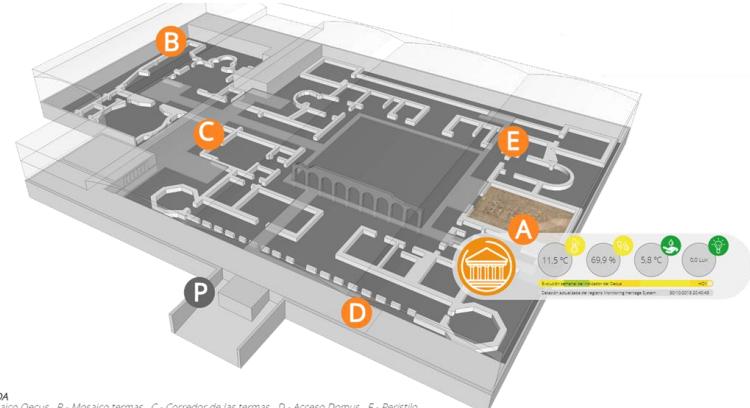
- Mapa de posicionamiento de los edificios monitorizados
- Mapa de indicadores de estado de los edificios monitorizados
- Plano de posicionamiento de los sensores principales
- Consulta de series temporales de datos según su posición y tipo de parámetro

- Importación de datos, en formato preestablecido, para su consulta y análisis
- Generación de gráficos de análisis por parámetro
- Generación de gráficos de análisis comparativo
- Tabla de valores consultados
- Análisis estadístico
- Descarga de datos, en formato Excel o texto, consultados en la BB.DD.
- Exportación de datos solicitados en formato CSV para su tratamiento externo.
- Gestor de notificaciones donde se pueden consultar las alarmas producidas (avería de nodo, datos irregulares, etc.). Posibilidad de recibir estas notificaciones vía email.

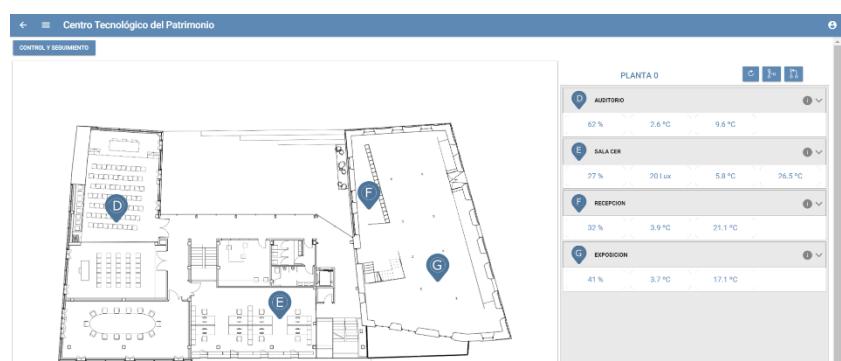
## Acceso web



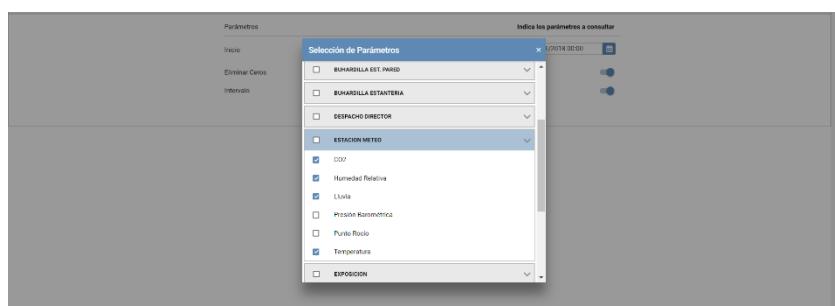
Mapa de indicadores y posicionamiento de edificios monitorizados. Interfaz web



*Cuadro de mando e indicadores de control. Interfaz web  
(Esta funcionalidad será objeto de contratación específica. No se incluye en el servicio básico del sistema)*



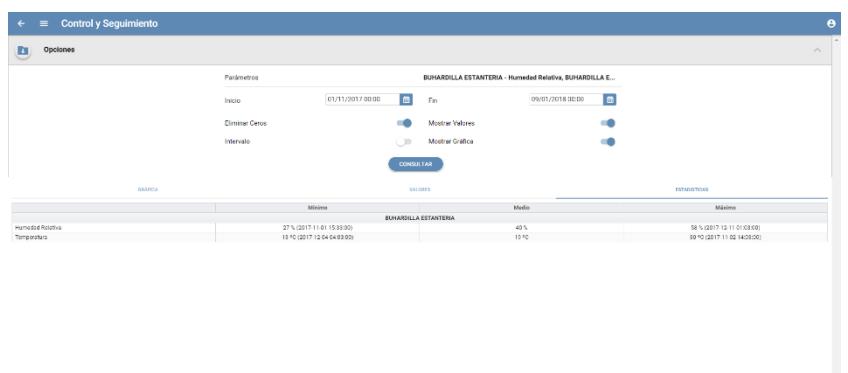
*Planos de posición de los dispositivos. Interfaz web*



*Consulta de datos. Interfaz web*

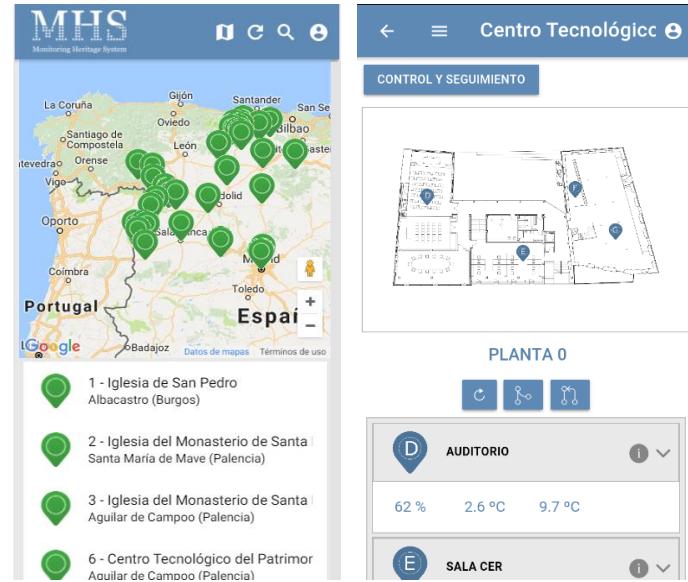


*Generación de gráficos de análisis comparativo. Interfaz web*

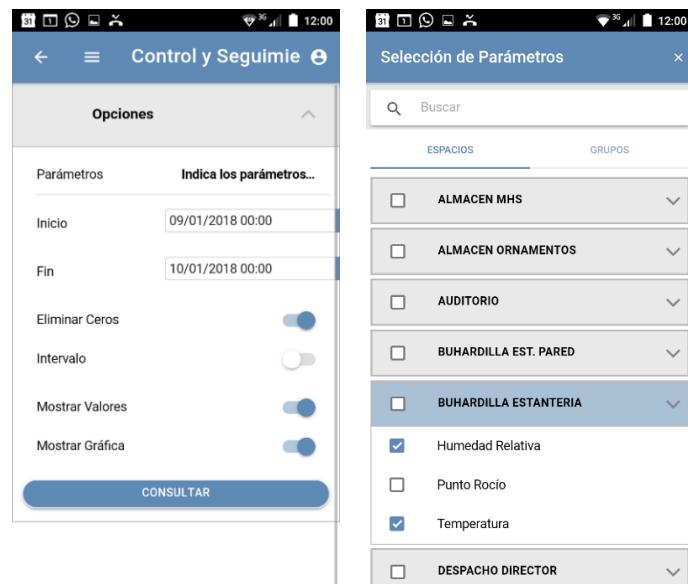


*Análisis estadístico básico. Interfaz web*

## APP Android



Mapa de indicadores y plano de edificios y dispositivos. Interfaz móvil



Consulta de datos. Interfaz móvil

## ANEXO II: ALGUNOS EDIFICIOS MONITORIZADOS

Finalmente, se presenta una relación con los lugares y bienes más relevantes en los que se ha instalado el sistema de monitorización remota MHS, y su objetivo principal de control.

Edificio	Población	Provincia	Objetivo
			Amb. Estr. Efic. Uso
<i>Iglesia de Santa María</i>	<i>Santa María de Mave</i>	<i>Palencia</i>	 
<i>Iglesia de Santa María</i>	<i>San Martín de Castañeda</i>	<i>Zamora</i>	   
<i>Iglesia de San Pedro de la Nave</i>	<i>El campillo</i>	<i>Zamora</i>	 
<i>Cartuja de Santa María de Miraflores</i>	<i>Burgos</i>	<i>Burgos</i>	 
<i>Ermita de Santa Eulalia</i>	<i>Barrio de Santa María</i>	<i>Palencia</i>	
<i>Convento de Santa Clara</i>	<i>Medina de Pomar</i>	<i>Burgos</i>	
<i>Ermita de San Pelayo</i>	<i>Perazancas de Ojeda</i>	<i>Palencia</i>	
<i>Catedral de Palencia</i>	<i>Palencia</i>	<i>Palencia</i>	   
<i>Monasterio de Yuso</i>	<i>San Millán de la Cogolla</i>	<i>La Rioja</i>	

*Real Monasterio de Santa Clara* Tordesillas Valladolid  

*Muralla de Ávila* Ávila Ávila  

*Catedral de Ávila* Ávila Ávila 

*Iglesia de San Martín de Tours* Salamanca Salamanca 

*Distrito Telefónica* Madrid Madrid 

*Iglesia de las Maravillas* Madrid Madrid 

*Catedral de Santa María* Ciudad Rodrigo Salamanca 

*Biblioteca Escuelas Mayores USAL* Salamanca Salamanca 

*Salitreras de Humberstone y Santa Laura* Iquique Chile 

*Templo de Debod* Madrid Madrid  

*Palacio Superunda* Ávila Ávila   

*Monasterio de Santo Tomás* Ávila Ávila   

*Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* Madrid Madrid   



<i>Palacio Provincial de la Diputación de Palencia</i>	<i>Palencia</i>	<i>Palencia</i>			
<i>Villa romana de "La Olmeda"</i>	<i>Saldaña</i>	<i>Palencia</i>			
<i>Panteón Real de la Basílica de San Isidoro de León</i>	<i>León</i>	<i>León</i>			
<i>Centro Arqueológico de L'Almoina</i>	<i>Valencia</i>	<i>Valencia</i>			
<i>Cripta arqueológica de la cárcel de San Vicente</i>	<i>Valencia</i>	<i>Valencia</i>			
<i>Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico</i>	<i>Sevilla</i>	<i>Sevilla</i>			
<i>Iglesia de Santa María del Río</i>	<i>Castroverde de Campos</i>	<i>Zamora</i>			
<i>Castillo de "El Temple"</i>	<i>Ponferrada</i>	<i>León</i>			
<i>Castillo de Peñafiel</i>	<i>Peñafiel</i>	<i>Valladolid</i>			
<i>Cisterna Romana La Calderona</i>	<i>Porcuna</i>	<i>Jaén</i>			



## INFORME DE INSTALACIÓN:

### Colonia Venero Claro



## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Descripción de la instalación</b> .....	4
2.1. Equipamiento instalado .....	4
2.2. Ubicación del equipamiento .....	4
2.3. Fijación del equipamiento .....	8
2.4. Alimentación del equipamiento .....	8
2.5. Detalles del equipamiento instalado.....	9
2.6. Ayudas y Medios auxiliares .....	12
<b>3. Configuración del sistema</b> .....	13
3.1. Red ZigBee MHS .....	13
3.2. Aplicación MHS-MC.....	13
3.3. Página web .....	15
<b>4. Funcionamiento</b> .....	15
<b>5. Información adicional</b> .....	17

## 1. Introducción

El presente informe corresponde a la instalación del equipamiento para la monitorización de la Colonia Venero Claro ubicado en Navalucía, Ávila, España. Instalación ejecutada en la fecha de 17 de mayo de 2022, con base en la propuesta de monitorización integral realizada por la Fundación Santa María la Real como caso piloto del proyecto INUNDATIO.

El inmueble, objeto de la presente instalación, están ubicados en Ávila, España, en las coordenadas: 40.40493, -4.65968.

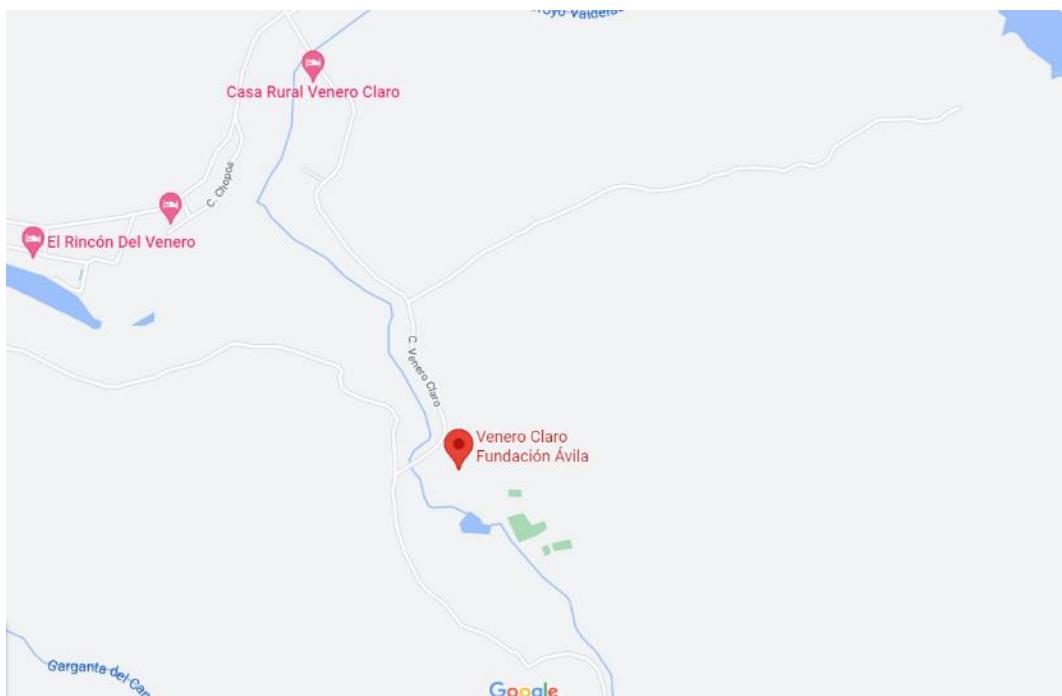


Figura 1. Ubicación de los bienes monitorizados

En el día 17 de mayo de 2022 se ha facilitado el acceso a la obra por los responsables del bien monitorizado y se han ejecutado las pruebas e instalación del equipamiento de monitorización en la ubicación. Esta instalación ha sido realizada por los técnicos de la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico, Jose Carlos García y José Luis Adorna.

## 2. Descripción de la instalación

### 2.1. Equipamiento instalado

La instalación se concreta en 11 sensores y dispositivos, ubicados en 9 puntos de control, que recogen información sobre 11 parámetros diferentes, entre los que se encuentran: 8 sensores de temperatura y humedad, 2 de luminosidad, y 1 sensor de inundación.

En la siguiente tabla se presenta el equipamiento de monitorización instalado y que conforma la propuesta.

	Modelo/Marca	Cantidad instalada
Nodo central Linux	MHS-NCL	1
Sensores de temperatura y humedad relativa	SHT25 (SENSIRION)	8
Sensor de luminosidad	TSL2561T (TAOS)	2
Sensor de inundación	X000ZYEBH(Edelstahl)	1

### 2.2. Ubicación del equipamiento

Cada elemento del equipamiento instalado in situ, está ubicado en las posiciones indicadas en el “Plano de monitorización”, cuyo detalle se presenta en la figura siguiente. La selección de los puntos de instalación de todos los elementos ha sido establecida por los especialistas MHS de la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico.

La interpretación de las notaciones que aparecen en el plano, aparece listada con los planos.

Ver plano y leyenda en las siguientes páginas.

**Colonia Venero Claro, Navalucía, Ávila.**



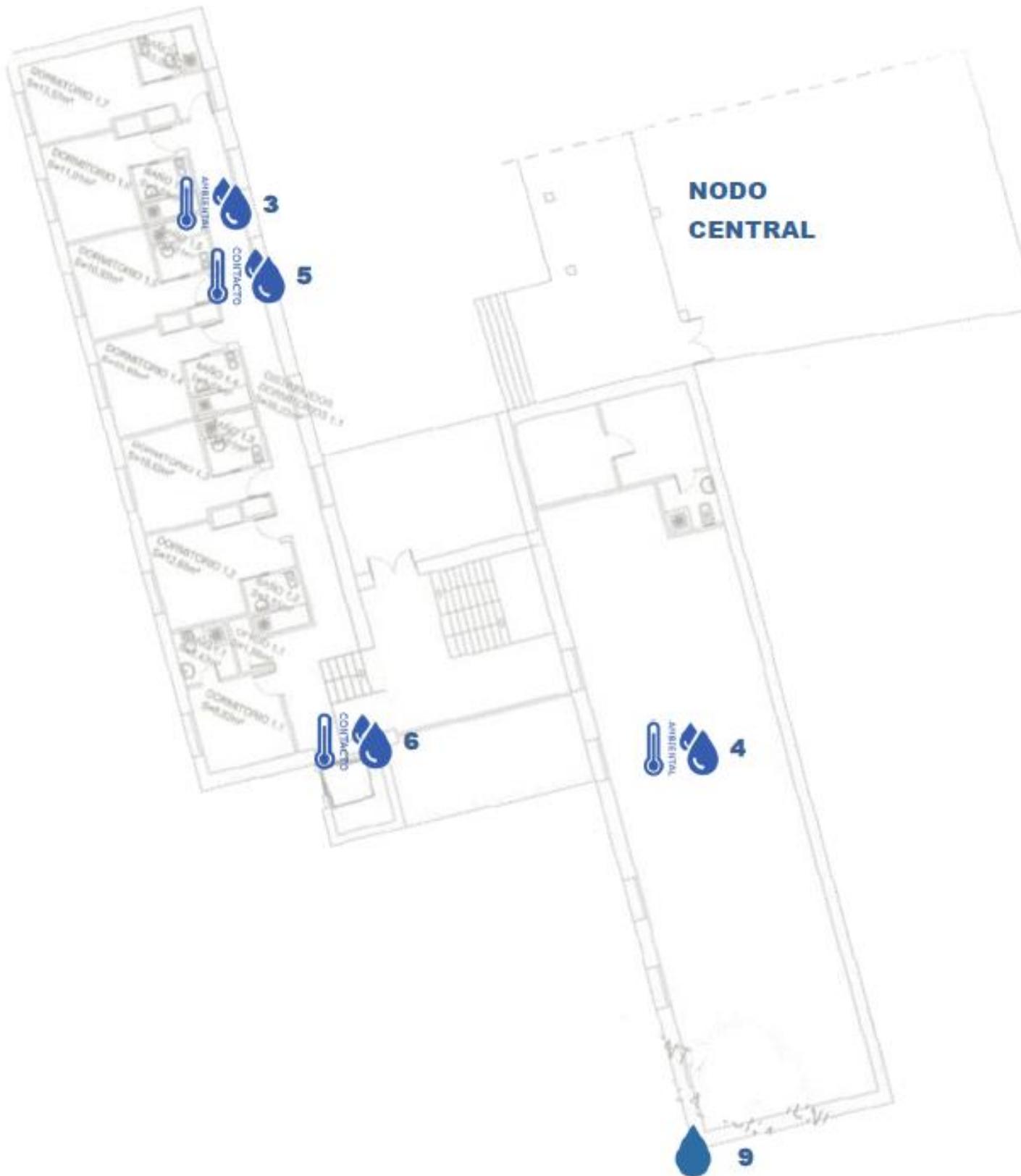


Figura 2. Ubicación del equipamiento MHS instalado

**Colonia Venero Claro, Navaluenga, Ávila.**

**LEYENDA:**



**Temperatura + Humedad relativa**

AMBIENTAL      2 metros      SALÓN NORTE



**Temperatura + Humedad relativa**

AMBIENTAL      2 metros      COMEDOR



**Temperatura + Humedad relativa**

AMBIENTAL      2 metros      PASILLO HABITACIONES



**Temperatura + Humedad relativa**

AMBIENTAL      2 metros      HABITACIÓN



**Temperatura + Humedad relativa**

CONTACTO      0 metros      PASILLO HABITACIONES



**Temperatura + Humedad relativa**

CONTACTO      0 metros      PASILLO HABITACIONES



**Temperatura + Humedad relativa + Luminosidad**

CONTACTO      1 metros      SALÓN NORTE



**Temperatura + Humedad relativa + Luminosidad**

CONTACTO      1 metros      COMEDOR



**Detector de Inundación**

CONTACTO      0 metros      TALLER

### 2.3. Fijación del equipamiento

El nodo central se ha ubicado en el despacho en una mesita junto al ventanal.

Para los nodos de temperatura y humedad ambiente (nodos del 1 al 4) se han utilizado una varilla redonda de 20cm, colocando el sensor en el extremo, evitando así la influencia de los elementos cercanos y siendo fijados al lugar mediante pequeña tornillería.

Los nodos de temperatura y humedad superficial (nodos del 5 y 6) se ha ubicado en la zona a monitorizar, se ha fijado con tornillería a la pared.

Los nodos de temperatura y humedad superficial con luminosidad (nodos del 7 y 8) se ha ubicado en la zona a monitorizar, se ha fijado con tornillería a la pared con el sensor de luminosidad en la tapa.

El nodo de Inundación (nodo 9) se ha ubicado en la zona a monitorizar fijado tanto la caja de la electrónica como el sensor con tornillería a la pared.

El nodo repetidor (repetidor 1) se ha ubicado en el rack de comunicaciones, fijado con adhesivo a la estructura metálica interna del propio Rack.

### 2.4. Alimentación del equipamiento

Los nodos finales con sensores de temperatura, humedad, luminosidad funcionan con baterías no recargables de 3.6V y no necesitan alimentación eléctrica externa.

El nodo de inundación y el nodo repetidor se alimentan a 230 V mediante una fuente de alimentación enchufado a la red eléctrica del edificio.

El nodo central Linux se alimenta a 230V, mediante una fuente de alimentación enchufado a la red eléctrica del edificio.



Figura 3. Detalle de la alimentación de los equipos.

#### 2.5. Detalles del equipamiento instalado

El **nodo central Linux** se ha ubicado en el despacho en una mesita junto al ventanal, las antenas se encuentran en posición vertical para una buena emisión y recepción de los datos.



Figura 4. Detalle de ubicación del nodo central

Los **sensores de temperatura y humedad relativa de ambiente**, instalado en los nodos del 1 al 4, se han utilizado una varilla redonda de 20cm, colocando el sensor en el extremo, evitando así la influencia de los elementos cercanos y siendo fijados mediante pequeña tornillería.



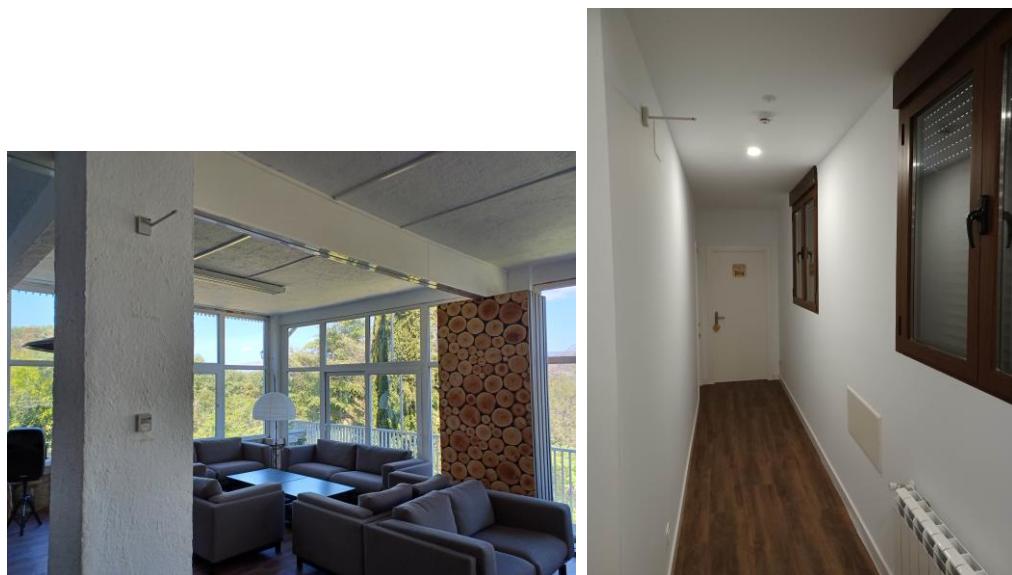


Figura 5. Detalle del nodo de temperatura y humedad ambiente.

Los **sensores de temperatura humedad de superficie** van instalados en los nodos 5 y 6 se han ubicado en la zona a monitorizar, se ha fijado con pequeña tornillería a la pared.



Figura 6. Detalle de los nodos de temperatura y humedad de contacto.

## Colonia Venero Claro, Navalengua, Ávila.

Los sensores de temperatura humedad de superficie y luminosidad va instalado en los nodos del 7 y 8, se han ubicado en la zona a monitorizar, se ha fijado con tornillería a la pared con los sensores de luminosidad en la tapa para una mejor captación de luz.



Figura 7. Detalle de los nodos de temperatura, humedad y luminosidad.

El nodo de Inundación va instalado en el nodo 9, se ha ubicado en el taller, en la zona más baja del edificio con el sensor pegado al suelo y fijado con pequeña. La electrónica se ha fijado con pequeña tornillería. Se puede ver el detalle en la siguiente figura.

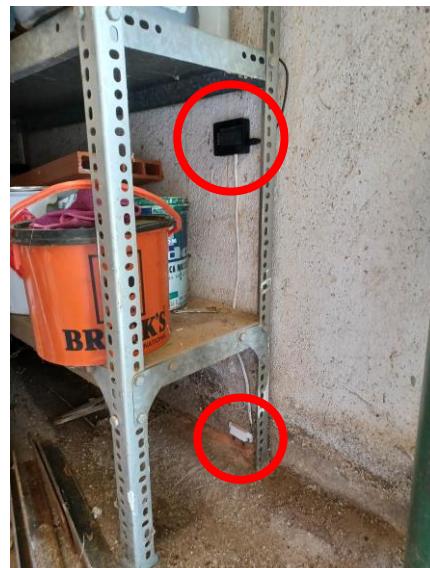


Figura 8. Detalle del nodo de inundación.

El **repetidor** se ha ubicado en el rack de comunicaciones, fijado con adhesivo a la estructura metálica interna del propio Rack. La antena se encuentra en posición vertical en el exterior del rack para la buena recepción de los datos. Se puede ver el detalle en la siguiente figura.



Figura 9. Detalle del nodo repetidor.

## 2.6. Ayudas y Medios auxiliares

Para la instalación de los sensores ambientales a la altura adecuada se ha contado con una escalera. También se ha contado con un monitor, un teclado y un ratón inalámbrico para poder conectarlos al nodo central (NC) y poder llevar a cabo la configuración del equipo de forma adecuada. Ver detalle en la siguiente figura.

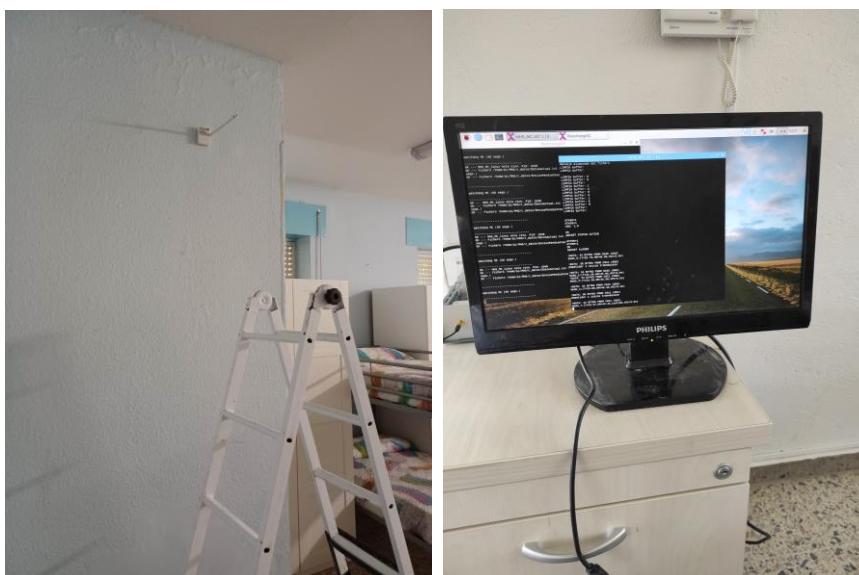


Figura 10. Detalle de las ayudas utilizadas durante la instalación

## Colonia Venero Claro, Navaluenga, Ávila.

### 3. Configuración del sistema

Para el funcionamiento del sistema MHS se ha requerido, entre otras cosas, la configuración de la red ZigBee MHS, la aplicación MHS-MC y el acceso y configuración de la página web [www.mhsproject.com](http://www.mhsproject.com).

#### 3.1. Red ZigBee MHS

En la Tabla 1 se resume la equivalencia entre los nombres y la codificación de los nodos con sensores de la red ZigBee MHS.

N1	NF v03.5 A062/21	TH	TH Amb, var hor, 20cm. Batería	Todos	900
N2	NF v03.5 A062/21	TH	TH Amb, var hor, 20cm. Batería	Todos	900
N3	NF v03.5 A062/21	TH	TH Amb, var hor, 20cm. Batería	Todos	900
N4	NF v03.5 A062/21	TH	TH Amb, var hor, 20cm. Batería	Todos	900
N5	NF v03.5 A062/21	TH	TH Contacto, Batería	Todos	900
N6	NF v03.5 A062/21	TH	TH Contacto, Batería	Todos	900
N7	NF v03.5 A062/21	TH+L	TH Contacto + Luminosidad. Bat.	Todos	900
N8	NF v03.5 A062/21	TH+L	TH Contacto + Luminosidad. Bat.	Todos	900
N9	NRC v03.5 A09/21	I	ADC1=Inundación, 5v	Todos	10

Tabla 1. Detalles de los nodos con los sensores

En la Tabla 2 se resume la equivalencia entre los nombres y la codificación de los nodos repetidores y nodo coordinadores de la red ZigBee MHS.

NC	NCL v03.0 A0011/21	Nodo Central		1800
R1	NRC v03.5 A10/21	Coordinador		

Tabla 2. Detalles de los nodos repetidores, nodos coordinadores y nodo central.

La programación de los dispositivos de la red ZigBee MHS se ha realizado por medio de JTAG y la aplicación ConfigDevices de MHS (Prog. Nodos v10.7.1), utilizando de forma global, la siguiente configuración:

- Numero de ID de red MHS: 124
- La frecuencia de medición y envío de los nodos finales al nodo coordinador es de 900 segundos.
- La frecuencia de medición y envío del sensor de inundación es de 10 segundos

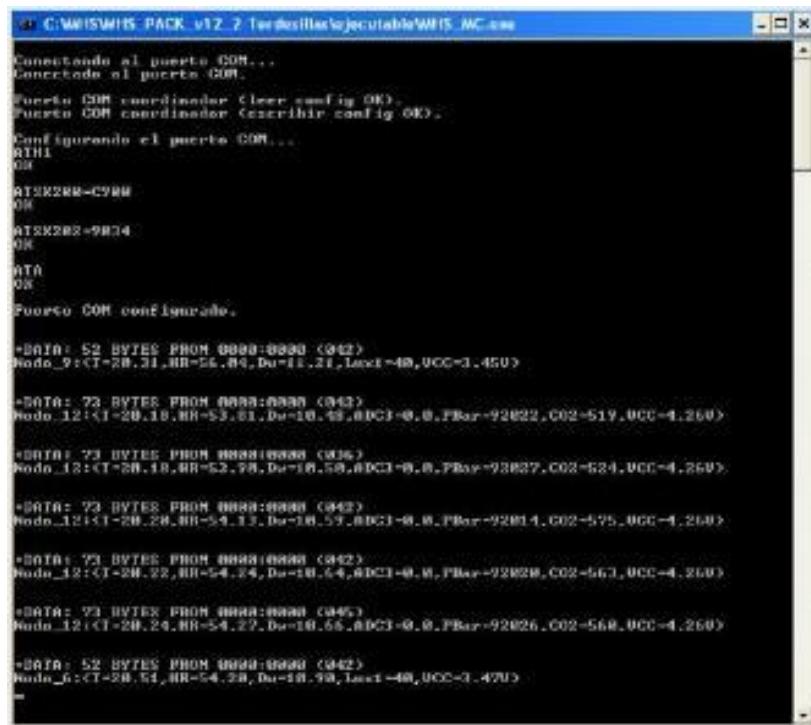
#### 3.2. Aplicación MHS-MC

MHS-MC es una aplicación software integrada dentro del dispositivo MHS-NC y tiene como objetivo principal la recepción, el procesamiento y el almacenamiento de los datos recibidos de los sensores del edificio en el cual se ubica. Así mismo, también se encarga de enviar los datos a diferentes servidores y mensajes de aviso al usuario. Los datos recibidos de la red de sensores son mostrados por pantalla en tiempo real. En la figura siguiente se pueden observar el aspecto de la aplicación MHS-MC.

El proceso de configuración de la aplicación MHS-MC (mediante el uso de la aplicación MHS-AL) se ha llevado a cabo por un técnico especialista, formado y habilitado por la dirección del proyecto MHS. Se ha utilizado la siguiente configuración:

- Los datos se guardan en local con una frecuencia de 15 minutos.
- La frecuencia de envío de los datos al servidor central del Centro de control es de 30 minutos.

## Colonia Venero Claro, Navalengua, Ávila.



The screenshot shows a Windows command-line interface window titled 'C:\MHS\BIN\PACK\_v12\_2\verdusflex\ejecutable\MHS-MC.exe'. The window displays a log of serial communication. It starts with connecting to a COM port, followed by configuration steps for the port, including setting the baud rate to 9600 and the data bits to 8. The log then shows several blocks of data being transmitted from a node, with details like address (Node\_9, Node\_12), data length (52, 73, 73, 73, 73, 52 bytes), and data content (e.g., 0000:0000, 0000:0000, 0000:0000, 0000:0000, 0000:0000, 0000:0000). The log concludes with a final 'OK' message.

```
Conectando al puerto COM...
Conectado al puerto COM.
Puerto COM coordinador (leer config OK).
Puerto COM coordinador (escribir config OK).
Configurando el puerto COM...
RTI1
OK
ATX288=0988
OK
ATX282=9804
OK
ATR
OK
Puerto COM configurado.

>DATA: 52 BYTES PROM 0000:0000 (042)
Node_9:(T=28.31,RR=56,04,Dw=18,8,Locc=48,Ucc=3.45U)

>DATA: 73 BYTES PROM 0000:0000 (043)
Node_12:(T=28.18,RR=53,01,Dw=18,49,0DC3=0,8,PRbx=92822,C02=519,UCC=4.26U)

>DATA: 73 BYTES PROM 0000:0000 (043)
Node_12:(T=28.18,RR=53,01,Dw=18,58,0DC3=0,8,PRbx=93837,C02=524,UCC=4.26U)

>DATA: 73 BYTES PROM 0000:0000 (042)
Node_12:(T=28.18,RR=53,13,Dw=18,57,0DC3=0,8,PRbx=92821,C02=575,UCC=4.26U)

>DATA: 73 BYTES PROM 0000:0000 (042)
Node_12:(T=28.22,RR=54,24,Dw=18,64,0DC3=0,8,PRbx=92828,C02=563,UCC=4.26U)

>DATA: 73 BYTES PROM 0000:0000 (045)
Node_12:(T=28.24,RR=54,22,Dw=18,66,0DC3=0,8,PRbx=92826,C02=568,UCC=4.26U)

>DATA: 52 BYTES PROM 0000:0000 (042)
Node_6:(T=28.54,RR=54,28,Dw=18,98,Locc=48,Ucc=3.42U)
=
```

Figura 11. Vista general de la aplicación MHS-MC

## Colonia Venero Claro, Navalengua, Ávila.

### 3.3. Página web

El alta del cliente y la configuración del actual edificio monitorizado dentro de la página web [www.mhsproject.com](http://www.mhsproject.com) se ha realizado en base a las peculiaridades de la monitorización. Los datos de acceso (usuario y clave) se van a proporcionar al cliente por el medio preestablecido en tal caso (email o carta).

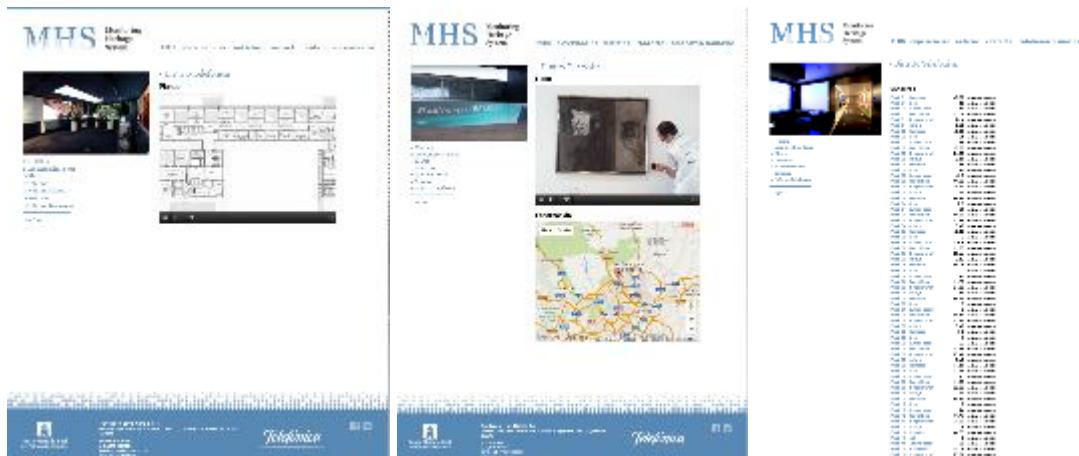


Figura 12. Instantáneas de la monitorización actual desde la página web [www.mhsproject.com](http://www.mhsproject.com)

### 4. Funcionamiento

En líneas generales, el sistema MHS es una herramienta que permite el control de los parámetros ambientales, estructurales y de aquellos que están relacionados con la gestión de uso del edificio patrimonial, así como su análisis en tiempo real. El sistema contiene una red de sensores inalámbricos que registran los valores de temperatura, humedad, iluminación, etc. y los envían a un servidor central, donde son analizados de forma continua, detectándose aquellos valores que ponen en peligro la conservación del bien o que nos son adecuados para su gestión eficaz. Se han habilitado alertas, vía SMS, relacionadas con la detección de presencia y humo. De este modo, en conjunto, se pueden tomar medidas correctoras, ya sea automáticamente o de forma manual, en el mismo momento en que son necesarias. Además, los datos están a disposición del usuario mediante aplicaciones software específicas o a través la página web [www.mhsproject.com](http://www.mhsproject.com), donde se puede obtener un informe técnico automático siempre que se desee.

En el caso de la presente instalación, se han utilizado sensores que mandan la información en forma de señales eléctricas a los circuitos de los nodos locales correspondientes que a la vez los transmiten a un repetidor o directamente al nodo central donde, por medio del programa MHS-MC especialmente diseñado para este caso, se guardan los datos en el disco duro local en 2 formas de almacenamiento distintos (BB.DD. y ficheros de texto), a la vez que los manda a través de internet al servidor ubicado en el centro de datos de MHS. Estos datos se guardan en una base de datos para su posterior análisis o visualización a través de las aplicaciones especialmente diseñadas. El esquema global de funcionamiento del sistema de monitorización se presenta en la siguiente figura:

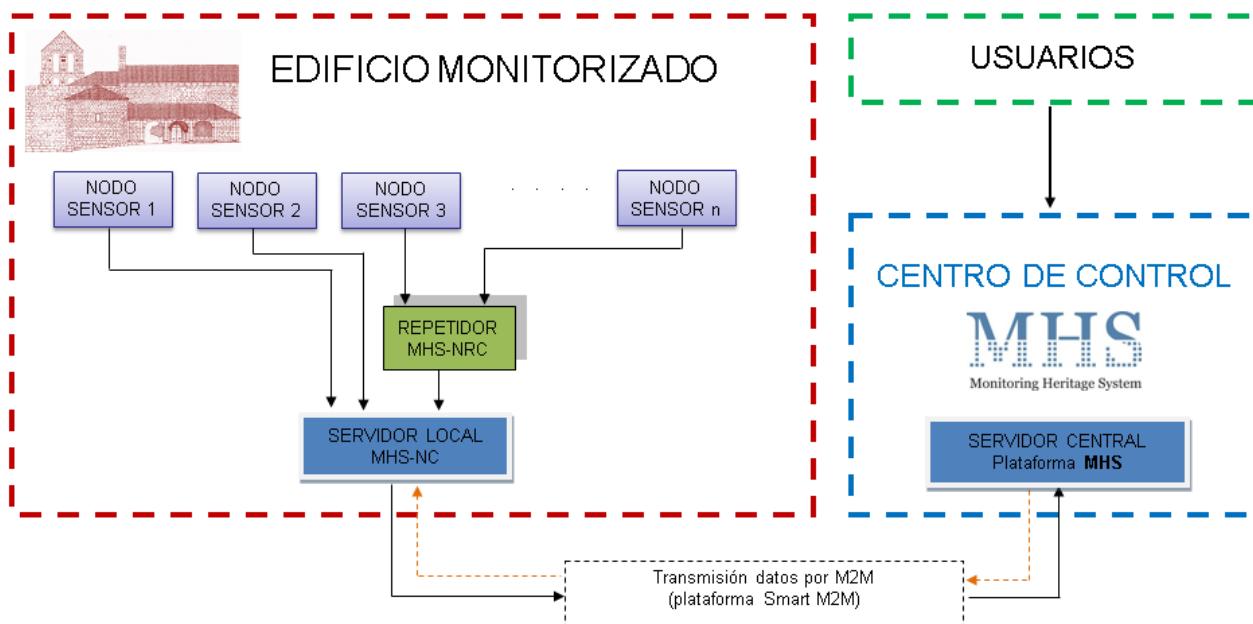


Figura 13. Esquema global de funcionamiento del sistema MHS

La aplicación MHS-MC, de gestión del sistema MHS, consiste en un programa multihilos, desarrollado utilizando el software C++, con varios procesos ejecutándose de forma concurrente. Este programa lee la variación de todos los sensores continuamente. Los valores de temperatura y humedad son valores de media aritmética de cada periodo que se guarda. Las entradas digitales se envían como suma de la variación de cada uno siendo el cero para el caso de no detección y un número de hasta 99 para el caso de activación de la entrada digital.

Para evitar cualquier tipo de errores de funcionamiento de la aplicación MHS-MC, se ha implementado una aplicación *watchdog*, que comprueba la comunicación con la red de sensores, la comunicación y transmisión de la información al Centro de control, el almacenamiento local de los datos, etc., y en base a esta información reinicia servicios, aplicaciones y dispositivos de la red.

En el caso de fallo de envío por falta de cobertura GPRS del operador móvil, el sistema local realiza varios intentos más y si no lo consigue, reinicia el módem y guarda el mensaje no enviado, retransmitiéndolo en el momento que se consigue cobertura. Se ha configurado el sistema para que, si el fallo de cobertura GPRS persiste en tiempo, el *watchdog* reinicie el Nodo central.

## 5. Información adicional

La Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico garantiza el correcto funcionamiento de sus productos para las aplicaciones prácticas, bajo las configuraciones indicadas en los manuales técnicos correspondientes. La manipulación o el uso incorrecto del software o equipamiento por parte del usuario eximen al fabricante de cualquier responsabilidad legal que podría aparecer como consecuencia.

La adquisición o uso de cualquiera de los productos MHS fabricados por o en colaboración con la Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico no significa transferencia de licencia alguna bajo los derechos de su propiedad industrial o intelectual.

La Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico se reserva el derecho de hacer cambios en sus productos, y la información asociada, sin previo aviso.

Para cualquier información adicional contacte con el soporte técnico del sistema MHS: [contacto@mhsproject.com](mailto:contacto@mhsproject.com)