



## E1.3.1 – DISEÑO DEL SISTEMA SHCITY

Febrero de 2017

SHCITY - SOE1/P1/E0332

- Versión 1.0 -

## ÍNDICE

1. Introducción .....	3
2. Funcionalidades del Sistema SHCity .....	4
3. Arquitectura General del Sistema SHCity .....	7
3.1. Introducción .....	7
3.2. Infraestructura de sensores / Actuadores .....	9
3.2.1. Infraestructura para parámetros ambientales, estructurales y de eficiencia energética.....	9
3.2.2. Infraestructura para parámetros de seguridad, control de visitantes, control de tráfico y paneles de información .....	9
3.3. Capa de Datos y acceso a Datos.....	10
3.3.1. Datos de Sensores .....	10
3.3.2. Información Geoespacial .....	11
3.4. Capa de Negocio .....	12
3.4.1. Eficiencia Energética.....	12
3.4.2. Conservación Preventiva .....	13
3.4.3. Eventos de Seguridad .....	15
3.4.4. Visitantes .....	18
3.4.5. Entorno Cercano.....	19
3.5. Capa de Aplicación .....	21
3.5.1. Aplicación de Gestión Primaria de Datos .....	21
3.5.2. SHCity Gestor .....	23
3.5.3. SHCity Turista .....	24
4. Definición de interfaces de integración .....	25
4.1. Integración del equipamiento con la infraestructura existente .....	25
4.2. Integración del equipamiento con el modelo urbano .....	28
4.3. Integración de la infraestructura local con la nube .....	28
5. Interfaces de Usuario (GUI).....	30
5.1. SHCity Gestor GUI.....	30
5.2. SHCity Turista GUI .....	30
6. Buenas Prácticas de Implantación .....	32
7. Conclusiones .....	33

## 1. Introducción

Este entregable es el resultado de la Actividad 1.3 Diseño Conceptual y Funcional del Sistema SHCity. La descripción de dicha actividad se corresponde con la identificación de las características de diseño del sistema SHCity. A partir de los requisitos identificados se llevará a cabo el diseño del sistema de gestión. Para el diseño del sistema de gestión se tendrán en cuenta los 3 objetivos específicos:

- Desarrollo tecnológico: Desarrollo de la infraestructura tecnológica de monitorización (Modelo urbano 3D, redes de sensores y almacenamiento en la nube).
- Generación y mejora del conocimiento: Conocimiento necesario para la gestión eficiente de los conjuntos históricos en base a los ámbitos de especial relevancia para el proyecto (Eficiencia energética, conservación preventiva, eventos de seguridad, visitantes y entorno cercano).
- Gestión: Elaboración de modelos de gestión aplicables a conjuntos históricos

El diseño del sistema SHCity incluirá la descripción detallada de las funcionalidades del sistema, así como los componentes y relaciones que definen el sistema en sí. El diseño del sistema tendrá especial consideración a la integración del equipamiento con la infraestructura existente (FSMLRPH), así como la integración del equipamiento con el modelo urbano (TECNALIA) y la relación entre la infraestructura del sistema local y la nube (FCT-UNL). Para el desarrollo del almacenamiento en la nube, FCT-UNL definirá aspectos de infraestructura necesaria, plataforma de desarrollo y software a utilizar. El diseño del sistema incluirá además una primera aproximación a las interfaces de usuario de las aplicaciones software a desarrollar (CARTIF y FCT-UNL).

El trabajo llevado a cabo en esta actividad se sintetiza en este entregable que se estructura de la siguiente manera: En primer lugar (Sección 2) se introduce el alcance del sistema y se identifican las principales funcionalidades de las dos aplicaciones que componen el sistema SHCity. A continuación (Sección 3) se presenta la arquitectura general del sistema. En una introducción a la misma (Sección 3.1) se identifican los principales componentes (Hardware y Software) y su distribución física y por ámbitos de aplicación. También se detalla cada una de las principales capas de la arquitectura, comenzando por la infraestructura de sensores / actuadores (Sección 3.2), continuando con la estructura y tecnologías de la capa de almacenamiento de datos y acceso a los datos recogidos (Sección 3.3), para continuar con el detalle de la información relevante para la generación de conocimiento en cada uno de los ámbitos de aplicación del sistema (Sección 3.4) y finalizar con la definición de las aplicaciones de usuario que incluirá el sistema (Sección 3.5). Posteriormente (Sección 4) se definen los interfaces de integración entre los principales módulos del sistema, equipamiento con modelo urbano (Sección 4.2), infraestructura local con la nube (Sección 4.3), así como del equipamiento con la infraestructura ya existente (Sección 4.1). La siguiente sección (Sección 5) define una primera aproximación a los interfaces de las aplicaciones de usuario (SHCity-Gestor y SHCity-Turista). Finalmente se identifican un listado de buenas prácticas para la implantación del sistema (Sección 6) y las principales conclusiones (Sección 0) extraídas del trabajo presentado en este informe.

## 2. Funcionalidades del Sistema SHCity

El proyecto SHCity va a diseñar una solución integral de ciudad inteligente basada en la gestión y conservación del patrimonio. La solución va a desarrollar una aplicación software orientada a la gestión y conservación de la ciudad inteligente por parte de los gestores (SHCity-Gestor) y una aplicación software orientada a dar servicio a los turistas de la ciudad inteligente (SHCity-Turista).

La solución de ciudad inteligente estará compuesta por software, construido sobre modelos open source, consulta de datos externos y modelado 3D, y hardware, basado en la recopilación de datos y computación en la nube, utilizando una plataforma tipo Fi-Ware.

El resultado final será un sistema de gestión que integrará el control del turismo, la eficiencia energética, la conservación preventiva, el control de la seguridad y el control del entorno cercano, y facilitará mediante sistemas de inteligencia la toma de decisiones por parte de los gestores de patrimonio, así como la automatización de respuestas frente a circunstancias anómalas o perjudiciales. Las aplicaciones generadas tendrán diferentes accesos, dependiendo del público o uso al que va dirigido. Los visitantes podrán elegir diferentes recorridos en función de los tiempos de espera o afluencia de turismo (sugiriendo áreas de la ciudad poco visitadas y así poder revitalizar dichas zonas). Por otro lado, los gestores podrán usar la aplicación para tomar decisiones de gestión, incluyendo estrategias a medio plazo según la información proporcionada por el sistema.

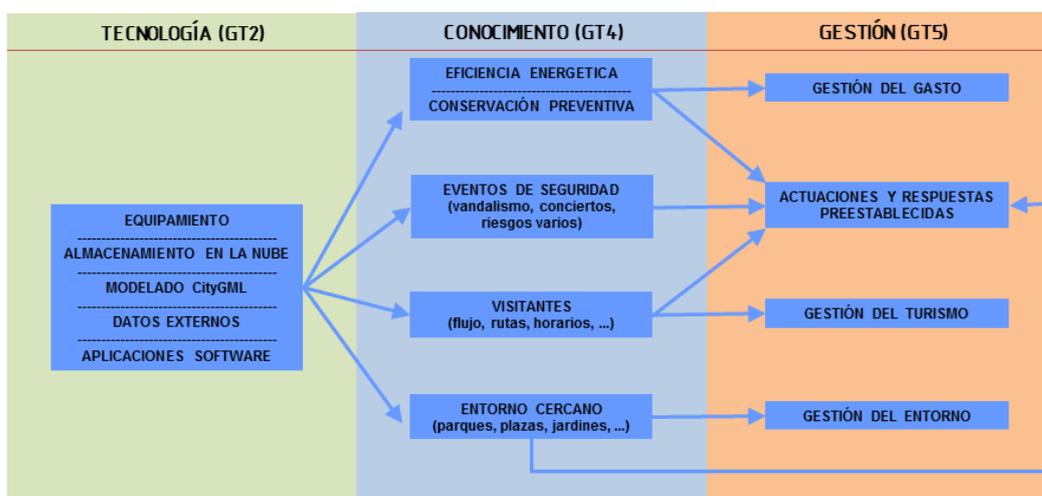


Figura 1 Bloques operativos y funcionales del sistema SHCity

Los principales bloques operativos del sistema se muestran en la Figura 1. Dichos bloques se desarrollarán progresivamente en el proyecto y se agrupan en tres bloques asociados a los grupos de tareas (GTs) del proyecto. Estos bloques son: **tecnología**, que aporta al sistema el equipamiento necesario para la recogida de datos, tanto propios del sistema, como externos de otras entidades, aporta la capacidad de actuación o intervención en caso de eventos, aporta las aplicaciones software necesarias para el tratamiento de los datos, aporta el modelo urbano en 3D basado en CityGML y aporta el almacenamiento en la nube; **conocimiento**, que le da la capacidad al sistema de, a partir de los datos generados y de la utilización de diferentes algoritmos desarrollados, realizar el análisis de los eventos de seguridad, de

la eficiencia energética, de la conservación preventiva, de los visitantes y del entorno cercano; y **gestión**, que aporta al sistema la capacidad de control y gestión del gasto, de los visitantes, del entorno y de la seguridad.

Algunas de las funcionalidades que aportará la aplicación SHCity-Gestor, serán las siguientes:

- Control del estado de conservación de los bienes muebles para temperatura y humedad relativa de contacto y para temperatura y humedad relativa ambiental, con máximas y mínimas continuas, con valores acumulados por mes y año, y caracterizados por niveles de riesgo.
- Control del estado de confort de las personas para temperatura y humedad relativa de contacto y para temperatura y humedad relativa ambiental, con máximas y mínimas continuas, con valores acumulados por mes y año, y caracterizados por niveles de confort.
- Control del estado de conservación de los bienes muebles para luminosidad, con máximas continuas, con valores acumulados por mes y año, y caracterizados por niveles de riesgo.
- Control de estabilidad estructural para variación de fisuras, con medidas continuas y por periodos mensual y anual, y caracterizado por niveles de riesgo.
- Control del estado de estabilidad estructural para inclinación de lienzos, con medidas continuas y por periodos mensual y anual, y caracterizado por niveles de riesgo.
- Control del estado de estabilidad estructural para aceleración/vibración, con medidas continuas y por periodos mensual y anual, y caracterizado por niveles de riesgo.
- Control de las concentraciones de gases en edificio, plaza, jardín, con medidas continuas y por periodos mensual y anual, caracterizado por niveles de riesgo.
- Control de presencia en zonas determinadas, caracterizado por periodos temporales.
- Control de presencia de insectos xilófagos dentro de la madera en edificios, con medidas continuas y gestión de alarma.
- Control de la humedad de la madera en edificios, con medidas continuas y gestión de alarma.
- Control de la humedad del suelo en jardín, con medidas continuas, caracterizado por niveles.
- Control de la radiación ultravioleta en jardín, plaza, con medidas continuas, caracterizada por niveles.
- Control de temperatura ambiental y sensación térmica en jardín, plaza, aparcamiento, con medidas continuas, caracterizado por recomendaciones.
- Control de la presión barométrica, velocidad del viento y precipitación exteriores, con medidas continuas, caracterizado por niveles.
- Control del consumo general de edificios, con valores energéticos y de coste, valores promedio, acumulados, caracterizados por día, mes, año.
- Control del consumo de calefacción de edificios, con valores energéticos y de coste, valores promedio, acumulados, caracterizados por día, mes, año.
- Control del consumo en iluminación de edificios, con valores energéticos y de coste, valores promedio, acumulados, caracterizados por día, mes, año.

- Control de consumo en iluminación exterior ornamental, con valores energéticos y de coste, caracterizados por mes, año.
- Control del número de visitantes en cada zona, y control del movimiento de visitantes entre zonas, número de entradas, salidas, paso por zonas, caracterizado por número de visitantes y espacios temporales.
- Control del uso de los paneles informativos y zonas de interés, relación entre los puntos del panel y los lugares de visita, caracterizado por número visitantes, zonas y espacios temporales.

Algunas de las funcionalidades que aportará la aplicación SHCity-Turista, serán las siguientes:

- Información turística de la ciudad con datos de interés para la visita y con datos de ocupación de los diferentes puntos turísticos, caracterización según niveles de ocupación y recomendaciones de recorridos.
- Información sobre recorridos turísticos con datos de afluencia.
- Información climática de la zona.

### 3. Arquitectura General del Sistema SHCity

#### 3.1. Introducción

La siguiente figura (Figura 2) muestra una primera aproximación a la arquitectura general del sistema. El sistema consta de sensores y modelo 3D de ciudad como fuentes de información, que será almacenada y procesada de forma distribuida y apoyada en tecnologías de cloud computing. El conocimiento generado en el sistema se presentará a los usuarios a través de aplicaciones adaptadas al tipo de usuarios y multidispositivos que facilitarán la interacción del usuario con el sistema.

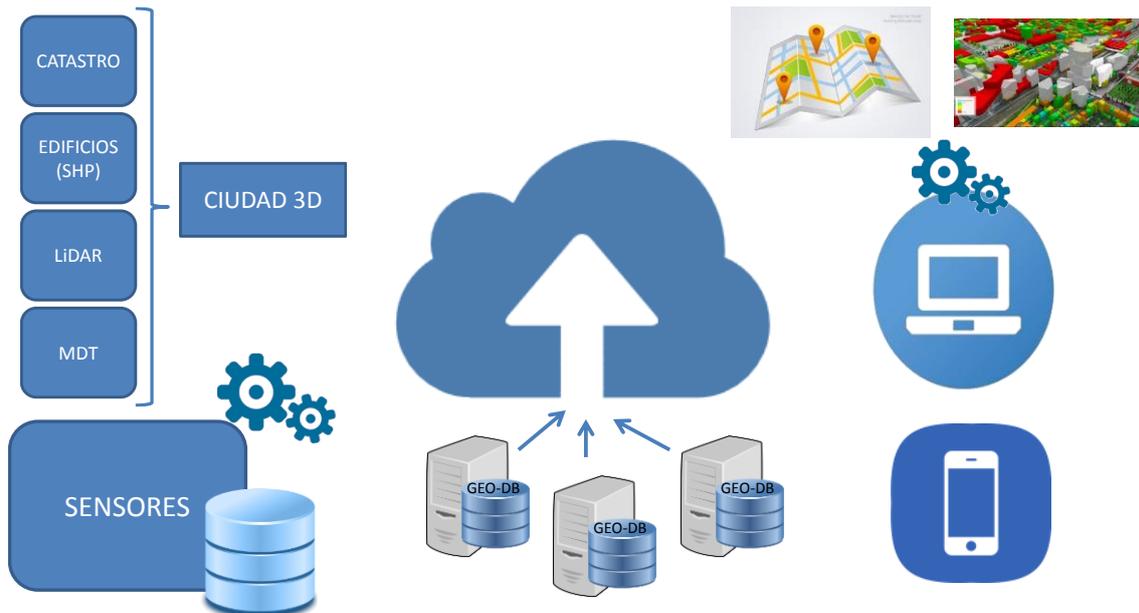


Figura 2 Arquitectura general del sistema SHCity

La arquitectura sigue una estructura de capas como se muestra en la siguiente figura (Figura 3). Cada una de las capas del sistema se detalla en las siguientes secciones.

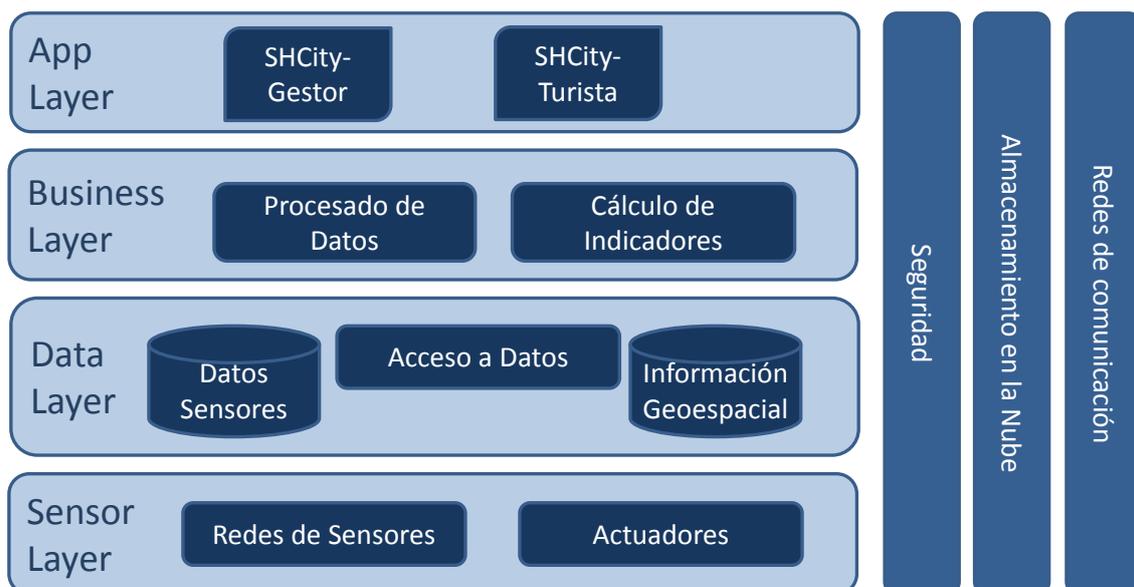


Figura 3 Estructura de capas del sistema SHCity

La siguiente figura (Figura 4) presenta de una forma más detallada la distribución de los principales componentes del sistema SHCity, presentando un sistema distribuido donde cada uno de los ámbitos del proyecto se integra de manera modular en el sistema. De abajo arriba, los sensores y actuadores se encontrarán localizados en el centro histórico de estudio (Ávila para el caso piloto de SHCity). Para cada uno de los ámbitos de aplicación (Entorno Cercano, Turismo, Eficiencia Energética, Conservación Preventiva y Seguridad) se dispondrá de una infraestructura que incorporará todas las capas del sistema descritas en la figura anterior (Figura 3). Cada ámbito dispondrá por tanto de una estructura de Base de Datos (BD) para el almacenamiento de la información recogida por los sensores de su ámbito, Lógica de Negocio (LN) que permita el procesado de la información recogida e interfaz de usuario (HMI) que permita mostrar la información recogida por los sensores. El bloque de arriba del esquema de la figura representa los módulos de las aplicaciones de usuario. Este bloque sigue la misma estructura de capas de los bloques de cada ámbito de aplicación. En la capa de datos se encuentra el Modelo Urbano (MU) que contiene la información estática que caracteriza el centro histórico de estudio, incluyendo geometría 3D. En la misma capa de datos estará la base de datos (BD) con la información de los indicadores seleccionados para cada uno de los ámbitos, cuyo resultado se obtiene del procesado de la información en bruto capturada por los sensores. La lógica de negocio (LN) representa la implementación del programa de gestión que combina los indicadores y umbrales para la ayuda a la toma de decisiones. Y la interfaz de usuario (HMI) adaptada al tipo de usuario (Gestor o Turista). Los módulos de ámbito pueden requerir información del modelo urbano para la implementación de la lógica de negocio que permita calcular los indicadores de ámbito.

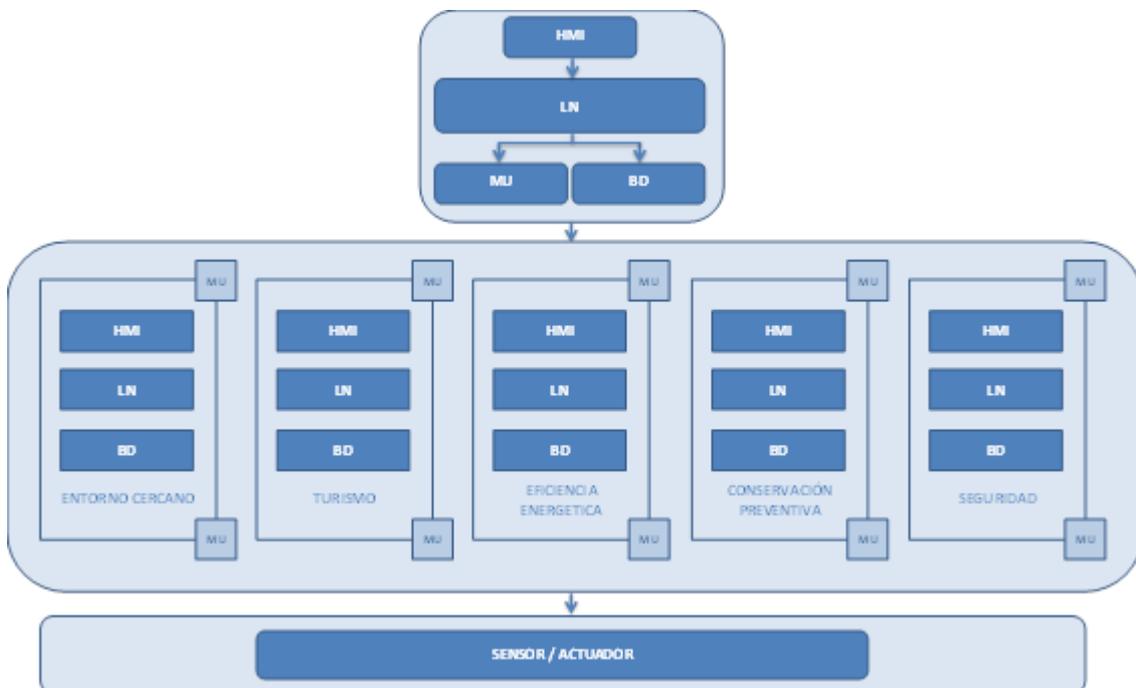


Figura 4 Estructura de capas por ámbitos de aplicación del proyecto

### 3.2. Infraestructura de sensores / Actuadores

Debido a la variedad de parámetros a utilizar en el proceso de gestión de los bienes patrimoniales, se requiere utilizar varios tipos de sensores lo que impone el uso de varios tipos de sistemas de monitorización. Se propone utilizar 2 tipos de infraestructuras que las vamos a agrupar en 2 categorías. Para la primera categoría se utilizará una infraestructura predominantemente inalámbrica y con algunos elementos cableados y, para la segunda, al revés: predominante cableado y con algunos elementos inalámbricos.

#### 3.2.1. Infraestructura para parámetros ambientales, estructurales y de eficiencia energética

Para la medida y control de éste tipo de parámetros mediante sensores y actuadores, la infraestructura predominante a utilizar será de tipo inalámbrico, debido a la dispersión de cada uno de los sensores dentro de cada edificio o bien, y a que muchos de los sensores van asociados a nodos finales cuya alimentación es por batería. Algunos de los sensores llevarán una instalación cableada. Ejemplos de estos sensores son los siguientes:

- Sensores de temperatura, humedad relativa, luminosidad y radiación solar, son sensores conectados a nodos finales alimentados a través de una batería, son nodos totalmente inalámbricos y no necesitan de ningún tipo de cableado ni instalación auxiliar. Necesitan tener suficiente cobertura de la red ZigBee a la que mandaran la información. Envían los datos del parámetro que miden, la calidad de la conexión de que disponen y el nivel de batería. Realizan envíos de la información en intervalos configurables (normalmente cada 900 segundos).
- Sensores de humedad de suelo, gases, aceleración, inclinación, fisuras, condiciones ambientales, medida de corriente eléctrica, ... y actuadores para ventilación, riego, apertura o cierre de puertas,... van conectados a nodos finales pero requieren de alimentación eléctrica continua, además pueden necesitar un cableado desde el sensor al nodo final al que van conectados. Necesitan tener suficiente cobertura de la red ZigBee o de comunicaciones que vayan a utilizar para enviar la información. Realizan envíos según la necesidad del parámetro que monitorizan y actúan en función de unas respuestas predeterminadas.

#### 3.2.2. Infraestructura para parámetros de seguridad, control de visitantes, control de tráfico y paneles de información

Para la medida y control de éste tipo de parámetros la infraestructura a utilizar será predominantemente cableada con alguno de los elementos conectados inalámbricamente. Los sensores o dispositivos irán conectados mediante cable de alimentación y datos hasta el nodo central correspondiente, para el envío de los datos, y serán elementos conectados a la alimentación eléctrica permanentemente.

El envío de los datos se realizará de forma periódica, atendiendo a las necesidades de cada uno de los parámetros. Por otra parte tendremos el envío de eventos o alertas

de forma instantánea al sistema de gestión para su procesamiento según corresponda. Ejemplos de estos dispositivos son los siguientes:

- Cámaras IP de conteo de personas distribuidas por el centro histórico, para la detección de movimiento y flujos de personas entre zonas. Requieren alimentación eléctrica continua y se conectarán a un router inalámbrico 3G/4G para la transmisión de la información. Necesitan tener suficiente cobertura para enviar la información. Realizarán envíos según la necesidad de los parámetros que monitorizan.
- Paneles de información turística WoodTalk energéticamente autónomos y comunicación 3G. Proporcionarán información de los bienes de interés más pulsados, idiomas utilizados, número de personas que utilizan el panel y que pasan por delante del panel. Necesitan tener suficiente cobertura para enviar la información. Realizarán envíos de la información en intervalos configurables.

El listado completo de sensores que se prevé colocar en el entorno de Ávila, así como el número total de sensores de cada tipo se presenta en la siguiente tabla:

Tipo de Sensor	Número de sensores
Cámaras conteo de personas	21
Sensores de temperatura y humedad relativa	62
Sensores de humedad del suelo	5
Sensores de luminosidad	28
Sensores de radiación solar	10
Sensores de gases (NO, NO2, O3, SO2, CO, CO2)	27
Estación meteorológica	1
Actuadores	0
Fisurometros	2
Clinómetros	2
Acelerómetros	3
Sensores de xilófagos	14
Proyector de imagen 2D	1
Pinzas amperimétricas	15
Sensores de conductividad eléctrica	2
Detectores de presencia	5
Lámparas led	20
Panel woodtalk	2
Seguridad	4
Nodo central	9

### 3.3. Capa de Datos y acceso a Datos

#### 3.3.1. Datos de Sensores

Debido a la gran variedad de dispositivos existentes y a los diferentes protocolos de comunicación, la adquisición de datos del entorno siempre es compleja. Por eso es importante la implementación de un modelo de datos que permita a la capa de lógica de negocio abstraerse de la capa física.

Para la definición del modelo de datos se ha tomado como referencia la plataforma abierta Fiware con experiencia trabajando en el entorno de la Smart City.

En lo que respecta al modelo de datos se recogerán en dicho modelo los parámetros de medida de los sensores con sus unidades correspondientes. Para ellos se han definido tres categorías principales:

- **Device:** Define los diferentes dispositivos electrónicos encargados de realizar una tarea concreta (sensores, actuadores...), sus características principales (identificador, nombre, dirección,...) así como los datos en tiempo real (valor, estado...).
- **DeviceModel:** Define las propiedades estáticas que caracterizan un modelo de dispositivo.
- **Indicator:** Define los diferentes indicadores de desempeño que permitirán realizar un diagnóstico del entorno.

Cada ámbito implementará la base de datos de acuerdo a sus necesidades. Se utilizarán bases de datos abiertas como PostgreSQL o MySQL.

El acceso a la información entre los diferentes ámbitos y el gestor se realizará a través de servicios web estándares, de manera que sea interoperable y se haga siguiendo estándares internacionales de acceso.

### 3.3.2. Información Geoespacial

Para el almacenamiento de la información geoespacial (Modelo 3D Urbano) se implementará una base de datos geoespacial (geodatabase) con información semántica y geométrica. Se trata de un esquema de base de datos relacional, donde parte de ese esquema lo constituyen las entidades espaciales (geometrías) y el resto la información alfanumérica.

Asociada al estándar CityGML se utiliza la base de datos 3DCityDB<sup>1</sup>. Se trata de una base de datos geoespacial 3D que se utiliza para almacenar, representar y gestionar modelos virtuales de ciudades en 3D sobre una base de datos relacional estándar. La base de datos incorpora elementos urbanos enriquecidos semánticamente, estructurados jerárquicamente y a diferentes escalas. El esquema de base de datos de 3DCityDB se implementa sobre la extensión espacial PostGIS el sistema de base de datos PostgreSQL. Se utiliza una herramienta que permite importar y exportar del formato fichero (CityGML) a dicho esquema de base de datos (3DCityDB).

El acceso a la información del modelo urbano contenido en la base de datos se realizará a través de servicios web estándares, de manera que sea interoperable y se haga siguiendo estándares internacionales de acceso. Para tal propósito, sobre la base de datos (3DCityDB) se desplegará el servicio WFS (estándar de la OGC) para el acceso y la edición de la información almacenada en el modelo urbano. Existen varias implementaciones que despliegan este servicio para el acceso a características geográficas mediante tecnologías web, entre ellas cabe destacar like Geoserver (geoserver.org), Deegree (www.deegree.org) o MapServer (mapserver.org).

La siguiente figura (Figura 5) muestra el esquema básico de almacenamiento y acceso a la información del modelo urbano en el proyecto SHCity.

<sup>1</sup> <http://www.3dcitydb.net/3dcitydb/3dcitydbhomepage/>



Figura 5 Almacenamiento y acceso a la información geospacial

### 3.4. Capa de Negocio

#### 3.4.1. Eficiencia Energética

La monitorización del comportamiento energético de un edificio en cuestión requiere del establecimiento de:

- Medidores de electricidad y, si la institución lo permite, también de gas en los puntos de entrega. En algunos casos, los contadores proporcionados son suficientes, pero se tomarán lecturas adicionales.
- Subdivisión del valor de las salidas respecto a los elementos más significativos energéticamente tales como calefacción, iluminación y ventilación si lo hubiera. Para la calefacción y las posiciones de supervisión de intercambio de aire se suele hacer con los contadores de calorías.
- Sensores de temperatura y humedad sensores instalados en las habitaciones principales o más representativas del edificio.

Los datos de consumo recogidos permitirán realizar el seguimiento de los indicadores clave como:

- El consumo anual, mensual, semanal y diaria (kWh / unidad de tiempo) para todo el sitio y cada elemento estudiado. Estos datos permiten estudiar la evolución del consumo en el tiempo, para evaluar el impacto potencial de una intervención (en la envolvente o sistemas) e identificar el origen de la anomalía con un impacto en el consumo total.
- El consumo de superficie (kWh / m<sup>2</sup>) para las comparaciones con otros emplazamientos que tienen usos similares. Además, el conocimiento de la distribución del consumo entre las estancias es una información útil de definir un mapa de las obras de mejora de eficiencia energética. Dependiendo del sitio, su control identificará el consumo de superficie a lo largo de cada edificio y permitirá obtener un ranking de los edificios con consumo más intensivo de energía.

- El consumo anual por persona (dependiendo del uso del edificio, las personas pueden ser considerados como habitantes, empleados o visitantes). Estos datos pueden definir un cambio en los horarios de uso para reducir el consumo.
- El consumo de calefacción por Grados día - DD (kWh / DD) para considerar el impacto de la dureza del clima sobre el consumo.
- Las facturas en € por unidad de tiempo y área (€/año, €/m<sup>2</sup>) para la estimación de los costes relacionados con la energía.
- Las facturas de € por kWh sobre la prestación de los contadores permiten a los administradores del sitio para garantizar la pertinencia económica de los diferentes contratos de suministro de energía.

Si los datos meteorológicos no están disponibles para la ubicación, será necesario llevar a cabo el seguimiento de las temperaturas externas para calcular los Grados día (DD). Se requiere también de la instalación de sensores para medir la evolución de la temperatura y la humedad interior. De hecho, estos datos proporcionan información adicional para el estudio del consumo. Ellos permiten garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

Además, es importante asegurarse de que la reducción del consumo calorífico no se consigue a costa de la reducción del confort interior (bajar la temperatura de consigna, contaminación del aire debido a la falta de intercambio de aire, etc.).

La instalación y el funcionamiento de estos contadores son relativamente estrictos y proporcionar información crítica para los administradores de los emplazamientos. Por otra parte, algunos de estos datos también son útiles en otros campos técnicos tratados por el proyecto SHCity, incluyendo cuestiones de conservación preventiva y otras aplicaciones.

### 3.4.2. Conservación Preventiva

Para la generación de indicadores de conservación preventiva, se considera necesario monitorizar los siguientes parámetros:

- Medición de la temperatura.
- Medición de la humedad relativa.
- Medición de la luminosidad.
- Medición de aperturas de grietas.
- Medición de la inclinación de paramentos.
- Medición de las vibraciones en edificaciones.
- Concentraciones de gases nocivos.
- Detectores de presencia y movimientos.

Estas medidas se tomarán mediante: Sensores de temperatura, humedad relativa, luminosidad, fisurómetros, inclinómetros, acelerómetros, sensores de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y detectores de presencia. Estos parámetros permitirán definir la calidad de conservación tanto de los bienes muebles, como de los bienes inmuebles dependientes de las condiciones de temperatura, humedad relativa y luminosidad, las condiciones ambientales que los visitantes van a experimentar (grado de confort), la variación de problemas estructurales, haciendo especial énfasis en los posibles riesgos que puedan acaecer, el grado de concentración que existe de diversos gases

que afectan tanto a la conservación de los bienes, como a la salud de las personas, y por último la definición de la relación entre presencia y condiciones de conservación.

Los siguientes indicadores son los que van a ser desarrollados:

- Respecto a los bienes muebles se organizan indicadores de temperatura, humedad relativa y luminosidad, con una monitorización continua. Estos se jerarquizan en tres niveles de riesgo: Óptimo estado de conservación. Estado de conservación con deficiencias. Estado de conservación en riesgo elevado.
- Respecto a los bienes muebles se organizan indicadores de temperatura, humedad relativa y luminosidad, con una información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a los bienes inmuebles se organizan indicadores de temperatura, humedad relativa y luminosidad, con una monitorización continua. Estos se jerarquizan en tres niveles de riesgo: Óptimo estado de conservación. Estado de conservación con deficiencias. Estado de conservación en riesgo elevado.
- Respecto a los bienes inmuebles se organizan indicadores de temperatura, humedad relativa y luminosidad, con una información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a variación de elementos estructurales mediante la medición con fisurómetros se consignarán tres indicadores, Nivel bajo (correcto), Nivel medio (riesgo), Nivel alto (Peligro).
- Respecto a variación de elementos estructurales mediante la medición con fisurómetros se consignará otro indicador basado en la información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a la inclinación de paramentos se consignarán tres indicadores, Nivel bajo (correcto), Nivel medio (riesgo), Nivel alto (Peligro).
- Respecto a la inclinación de paramentos se consignará otro indicador basado en la información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a la vibración que tienen los edificios objetos de estudio se consignarán tres indicadores, Nivel bajo (correcto), Nivel medio (riesgo), Nivel alto (Peligro).
- Respecto a la vibración que tienen los edificios objetos de estudio se consignará otro indicador basado en la información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a la medición de los gases CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, con una monitorización continua, se indican los niveles de riesgo Nivel bajo (correcto), Nivel medio (riesgo), Nivel alto (Peligro).
- Respecto a la medición de los gases CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, se consignará otro indicador basado en la información estadística de la cantidad de días en riesgo por mes y año.
- Respecto a la medición de presencia y movimientos en los edificios, se consignará otro indicador basado en la información estadística de la cantidad de días con detecciones por día, semana, mes y año.

En relación a los sensores se deberán cumplir las siguientes características:

- Sus componentes electrónicos deberán aguantar grandes cambios de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.), y en algunos casos resistir el contacto directo con rocío, agua y nieve.

- Condiciones de funcionamiento de -30 °C a 50°C. Humedad relativa del 10 al 100% (con condensación).
- Sus características técnicas permitirán medir los parámetros ambientales en el rango correspondiente y en condiciones ambientales extremas (por ejemplo, [-20°C, +50°C] o humedades relativas superiores del 95-98%), durante largos períodos de tiempo.
- Preparadas para exterior o con cubierta resistente a la intemperie, con clasificación IP 66.
- Condiciones de almacenamiento de -40°C a 65°C.
- En la medida de lo posible, los sensores serán autónomos.
- Los sensores no deben ser visibles y se colocarán de manera que no sean accesibles para los paseantes o que sean de difícil acceso. En algún caso es posible que necesiten ser protegidos por una carcasa.
- Sus componentes electrónicos serán poco sensibles a vibraciones, derivas térmicas y al envejecimiento electrónico, así como a la acumulación de polvo y suciedad.
- Comunicación mediante red zig-bee.

Además, la incorporación de los indicadores al Programa de Gestión hará posible que el Gestor del centro histórico sea capaz de actuar para mejorar las condiciones de conservación de los bienes, mediante medidas activas como el cierre del edificio, la ventilación manual, la evacuación del edificio ante riesgo estructural y/o mediante otros actuadores en tiempo real que pudiesen desarrollarse en el futuro.

Las recomendaciones para los turistas serán sencillas, claras y de fácil comprensión, y se integrarán con las demás recomendaciones resultantes de la aplicación. Para la aplicación turística se propone que los indicadores de conservación preventiva se simplifiquen a los indicadores relacionados con el estado de conservación del bien y el estado de confort para el visitante.

### 3.4.3. Eventos de Seguridad

En la sección 2.3 del entregable *E1.1.1: Vigilancia Tecnológica*, se expusieron los efectos de seguridad física (no seguridad ante emergencias) susceptibles de implantación y despliegue tecnológico para el proyecto. Se han considerado básicamente tres aspectos: vandalismo; robo/expolio; y protección al ciudadano/turista.

Los indicadores identificados para la monitorización de estos aspectos de seguridad son:

- Señal de alarma debida a la intrusión en zona arqueológica con efectos destructivos (de manera accidental o deliberada).
- Señal de alarma debida a la sustracción de luminarias y/o elementos expositivos.
- Número de caídas / desprendimientos de elementos ornamentales / estructurales en un edificio, por deficiente conservación (preventiva y correctiva).
- Número de agrietamientos en muros de inmuebles representativos por fallo en diagnóstico, monitorización no contrastada y/o deficiente conservación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta dichos efectos, las potenciales zonas de actuación y soluciones tecnológicas propuestas para la ciudad de Ávila, se resumen en la siguiente tabla:

### Sitios Potenciales para Efectos de Seguridad

	Puerta y Jardines de S. Vicente		Puerta del Grande <sup>2</sup>		Plaza de la Catedral y Aledaños		Tenerías Judías <sup>3</sup>	
	Monitorización	Causa	Monitorización	Causa	Monitorización	Causa	Monitorización	Causa
<b>Vandalismo</b>	X	Botellón <sup>4</sup>			X	Botellón	X	Intrusión en zona arqueológica
<b>Robo / Expolio</b>	X	Sustracción de luminarias					X	Sustracción de piezas expuestas
<b>Protección al Ciudadano y al Turista<sup>5</sup></b>	X	Desprendimiento de material en puerta y almenas <sup>6</sup>	X	Desprendimiento de material en puerta y almenas	X	Desviación del eje de la cruz del ábside de la Catedral	X	Grieta en la iglesia de S. Segundo
								
<b>Solución Tecnológica</b>	Sesores vinculados				Sensores ópticos		Sensores perimetrales, sensores de presión diferencial y Visión artificial.	

<sup>2</sup> No se distingue de la Puerta de S. Vicente en las problemáticas planteadas.

<sup>3</sup> En el “Proyecto de cubrición, descubrimiento, limpieza, restauración y puesta en valor de las Tenerías de San Segundo de Ávila”, se abordan específicamente la seguridad en caso de incendio y la seguridad de utilización. Ambas son seguridad ante emergencias, no la seguridad física planteada en el proyecto.

<sup>4</sup> Solucionado con vigilancia policial (videocámaras y presencial).

<sup>5</sup> Por ejemplo caídas de objetos por falta de conservación.

<sup>6</sup> Este aspecto concierne más a la conservación preventiva de la muralla (pérdida de mortero), que ya dispone de un plan específico.

### 3.4.4. Visitantes

Para la generación de indicadores de presencia, elementos de interés y flujos de movimiento de los visitantes se considera necesario monitorizar lo siguiente:

- Conteo de entradas de personas a determinadas zonas.
- Conteo de salidas de personas de determinadas zonas.
- Pulsaciones sobre Bienes de interés en paneles informativos.
- Número de visitas a Bienes de interés de referencia.

Estas medidas se tomarán mediante: 1/2- Cámaras de conteo de personas. 3- Paneles interactivos *WoodTalk*. 4- Venta de Entradas para la visita de lugares de interés.

Permitirán definir los aforos, los flujos de movimientos de personas entre las zonas más aglomeradas, los elementos que siendo de interés para el público tienen un número de visitas concreto en función de otros factores, las zonas potenciales de interés que no están siendo aprovechadas, etc. Concretamente se desarrollarán los siguientes indicadores:

1. Respecto al Centro Histórico en su totalidad, cuantos visitantes lo hacen a cada zona, en %.
2. Nº de personas que se mueven entre la zona baja CH y la zona alta.
3. Nº de personas que se mueven entre zona Catedral y plaza Adolfo Suarez.
4. Nº de personas que se mueven entre zona Catedral/Adolfo Suárez y zona Mercado Chico.
5. Nº de personas que usan el panel situado en los 4 Postes respecto a los que usan el panel de la Zona Centro.
6. Comparativa entre el Nº de personas que están interesadas en un monumento o zona → Nº de personas que visitan esa zona → Nº de personas que entran al monumento.

En relación a las Cámaras de Conteo de personas se deberán cumplir las siguientes características:

- a) Preparadas para exterior o con cubierta resistente a la intemperie, con clasificación IP 66.
- b) Condiciones de funcionamiento de -30 °C a 50°C. Humedad relativa del 10 al 100% (con condensación).
- c) Condiciones de almacenamiento de -40°C a 65°C.
- d) Funcionalidad de día y noche.
- e) Alarma anti manipulación.
- f) Enrutador inalámbrico - módem móvil inalámbrico integrado.

En relación a los Paneles *WoodTalk* se deberán cumplir las siguientes características:

- a) Resistente a la intemperie, con clasificación IP 66.

- b) Condiciones de funcionamiento de -20 °C a 50°C. Humedad relativa del 10 a 95%.
- c) Energéticamente autónomos. Sistema fotovoltaico autónomo. Para garantizar su funcionamiento durante el día se estudiará la posibilidad de que los paneles se apaguen automáticamente por la noche.
- d) Durabilidad de la madera garantizada en exterior incluso en contacto intenso con el suelo y/o agua. Se aplica un tratamiento protector una vez mecanizada la pieza, es decir, con la pieza ya acabada, en autoclave, con sales libres de Cromo y Arsénico inscritas en el Registro. Con las máximas garantías de durabilidad, seguridad, salubridad y respeto por el medio ambiente.

La obtención de estos indicadores permitirá establecer las Reglas para la Toma de Decisiones (estableciendo rangos horarios, niveles de alerta y medidas de redirección de las visitas), en un sistema integrado con el resto de los ámbitos del proyecto, lo que se concretará mediante la aplicación móvil. Ésta permitirá al Gestor del centro histórico invitar a los visitantes a realizar modificaciones en sus visitas, para regular y optimizar las visitas. Asimismo, al visitante le servirá para redirigir su visita, ofreciéndole visitas o recorridos alternativos ante un exceso de visitas en zonas o edificios concretos

Además, la incorporación de los indicadores al Programa de Gestión hará posible que el Gestor del centro histórico sea capaz de actuar para reorientar las visitas, mediante medidas de planificación urbana a medio plazo y/o mediante otros actuadores en tiempo real que pudiesen desarrollarse en el futuro.

### 3.4.5. Entorno Cercano

Para el entorno cercano se considera necesario lo siguiente:

- 1) Medida de la temperatura y la humedad ambiente.
- 2) Detección de agentes xilófagos dentro de la madera (termitas, carcoma fina y carcoma gruesa) y medida de su humedad interna.
- 3) Medida de la resistencia mecánica de la madera de forma no destructiva.
- 4) Medida de la conductividad eléctrica.
- 5) Medida de la radiación ultravioleta.
- 6) Medida de la humedad del suelo.
- 7) Medida de las condiciones atmosféricas:
  - a. Velocidad y dirección del viento.
  - b. Temperatura del aire.
  - c. Humedad relativa y punto de rocío.
  - d. Presión barométrica.
  - e. Cantidad y duración de precipitación.
- 8) Medida de la concentración de los gases NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO y O<sub>3</sub>.

Estas medidas se tomarán mediante sensores. Se desarrollarán dos herramientas, una para el turista y otra para el gestor. La herramienta para el turista mostrará información para hacerlo partícipe de la conservación preventiva en curso. La herramienta para el gestor mostrará avisos para cuidar el bien y el entorno, y le proporcionará un cronograma de las actividades previstas de mantenimiento (riegos, podas, revisiones, tratamientos contra insectos y hongos, etc.), siguiendo la periodicidad más adecuada para cada caso.

Los datos registrados por los sensores se enviarán y guardarán en la nube. Una vez analizados, se emplearán como retroalimentación de las dos aplicaciones y servirán para implementar el conocimiento experto en ambas aplicaciones.

En relación a los sensores se deberá cumplir lo siguiente:

- a) Sus componentes electrónicos deberán aguantar grandes cambios de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.), y en algunos casos resistir el contacto directo con rocío, agua y nieve.
- b) Sus componentes electrónicos serán poco sensibles a vibraciones, derivas térmicas y al envejecimiento electrónico, así como a la acumulación de polvo y suciedad.
- c) En el caso concreto de los sensores de medida de las condiciones atmosféricas, éstos deberán ser muy estables a largo plazo, con bajo riesgo de deriva o de cambios repentinos de calibración, a fin de evitar calibraciones frecuentes. Todos ellos estarán integrados de forma compacta en una estructura o envoltura que los proteja del polvo, de la suciedad y del asentamiento de aves, así como de los excrementos de éstas.
- d) Sus características técnicas permitirán medir los parámetros ambientales en el rango correspondiente y en condiciones ambientales extremas (por ejemplo, [-20°C, +50°C] o humedades relativas superiores del 95-98%), durante largos períodos de tiempo.
- e) Los sensores de medida de la resistencia mecánica de la madera de forma no destructiva serán transductores cónicos exponenciales de baja frecuencia (22 kHz). Esos sensores son los más precisos para emitir y recibir ondas ultrasónicas en la madera y deducir de ellas su resistencia físico-mecánica. Además, su forma permite que hagan buen contacto con la madera, que las ondas apenas sufran atenuación al entrar y salir del elemento analizado y que las medidas sean muy repetibles.
- f) En la medida de lo posible, los sensores serán autónomos; si en algún caso esto no es posible, se alimentarán de la energía eléctrica de farolas cercanas o de infraestructuras cercanas. En este último caso, se preverá la alimentación de respaldo para los cortes de luz o alimentación intermitente (si procede de farolas).
- g) Los sensores no deben ser visibles y se colocarán de manera que no sean accesibles para los paseantes o que sean de difícil acceso. En algún caso es posible que necesiten ser protegidos por una carcasa.

El bloque de conocimiento experto del entorno cercano se integrará con los demás bloques de conocimiento.

Las recomendaciones para los turistas dadas por la aplicación correspondiente serán sencillas, claras y de fácil comprensión, y se integrarán con las demás recomendaciones resultantes de la aplicación. Las recomendaciones para los gestores deberán poder adecuarse a las exigencias y requisitos de cada tipo de gestor. En este sentido, el desarrollador del software incluirá las funciones necesarias para personalizar el contenido y su forma de presentación.

Las actividades de mantenimiento del entorno cercano se establecerán de común acuerdo con los responsables de dichos entornos, y deberán coincidir con las tareas recomendadas de los especialistas para el cuidado y mantenimiento de plantas, árboles y arbustos de cada entorno concreto.

### 3.5. Capa de Aplicación

#### 3.5.1. Aplicación de Gestión Primaria de Datos

Esta aplicación es la encargada de almacenar, gestionar y visualizar toda la información correspondiente a los datos de monitorización de los sensores instalados en el caso piloto. Se trata en esencia de una plataforma IoT (Internet of Things) y pueden existir tantas aplicaciones como ámbitos tiene el proyecto. Esto facilita la modularidad de la solución. Existen diferentes soluciones de plataformas IoT tanto propietarias (por ejemplo azure o cumulocity) como de uso libre (por ejemplo: FIWARE). Dentro de este grupo de aplicaciones también se puede mencionar y utilizar en el proyecto el desarrollo del proyecto SHBuildings, previo al proyecto actual SHCity.

En la siguiente figura (Figura 6) se muestra el flujo de los datos desde la capa más baja (los sensores), hasta la más alta (el interfaz del SHCity-Gestor).

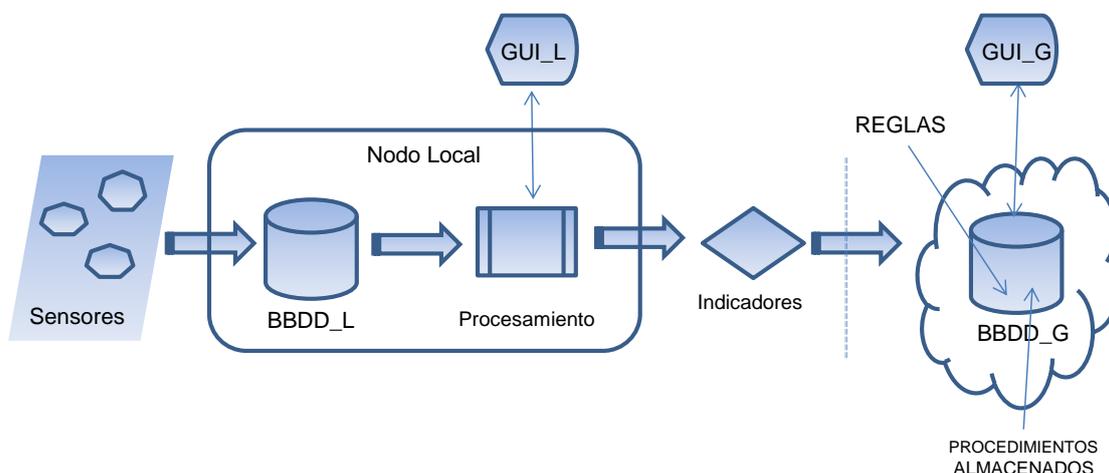


Figura 6 Flujo de datos desde los sensores hasta el interfaz SHCity-Gestor

En el primer nivel, se sitúan los sensores. Los sensores recogen datos, generalmente en crudo. Cada subsistema (conservación preventiva, turismo, seguridad y energía) tiene sus propios sensores, que en una segunda capa, se almacenan en sendos nodos centrales. Cada sensor deberá estar identificado y la información que proviene de los mismos se almacenará en una base de datos situada en esta segunda capa. En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestra la forma en que estarán identificados todos los sensores:

Nombre	Tipo	Parámetro	Formato	Frecuencia	Protocolo de comunicación

Tabla 1. Definición de los sensores

- **Nombre:** Nombre del sensor, marca, modelo
- **Tipo:** seguridad, conservación preventiva, eficiencia energética, turismo.
- **Parámetro:** temperatura, humedad, distancia, presión...
- **Formato:** formato en el que el sensor proporciona el dato.

- **Frecuencia:** frecuencia de muestreo del sensor
- **Protocolo de comunicación:** mqtt, http, websocket, 3G/4G, grps, zigbee, etc.

Con esta información se realiza el modelo de datos de la base de datos local (BBDD\_L) de cada bloque. El nodo central de procesamiento incluye además de la base de datos, un módulo de procesamiento de la información recogida por los sensores que permitirá calcular los indicadores. También se incluye para cada nodo central un interfaz gráfico de usuario (GUI\_L) para la visualización e interacción con la información recogida por los sensores y almacenada en la base de datos del nodo central.

Los datos de monitorización que vienen de fuentes diferentes y con diferentes formatos y estructuras necesitan ser preprocesados para evitar redundancias, inferir datos perdidos e integrarlos en el modelo de datos definido. Una vez preprocesados los datos, la aplicación se encarga del almacenamiento y la organización eficiente de los datos, así como de la actualización continua de los datos a medida que estén disponibles.

Con los datos de la capa de datos se deben generar indicadores, definidos previamente. El nombre, tipo y fórmula de cálculo de los indicadores se definirá por el usuario final del sistema, así como el uso que hará de ellos el sistema experto. Para calcularlos, se enviarán las órdenes desde un sistema de procesamiento conectado con el nodo central. El resultado se almacenará sin interpretar en la base de datos general (BBDD\_G).

La siguiente tabla (Tabla 2) muestra la información requerida para definir los indicadores de cada uno de los ámbitos de aplicación.

Nombre	Parámetros	Cálculo	Umbral Máximo	Umbral Mínimo

Tabla 2. Definición de indicadores

- **Nombre:** nombre del indicador.
- **Parámetros:** datos de los sensores con los que se calculará el indicador.
- **Cálculo:** función de cálculo para el indicador.
- **Umbral máximo.**
- **Umbral mínimo.**

Los dos propósitos principales de la recolección de datos en los sistemas IoT son la presentación de informes y el análisis. Ambos implican el procesamiento de datos en algún punto del sistema con el fin de agregar/inferir información útil. A la hora de procesar los datos se debe tener en cuenta la naturaleza descentralizada del sistema y el volumen de datos producidos.

En la plataforma SHCITY cada ámbito se responsabilizará del procesamiento y almacenamiento de sus datos y de poner esta información a disposición del resto de ámbitos y del servidor central.

### 3.5.2. SHCity Gestor

En el esquema de la siguiente figura (Figura 7) se puede ver el modelo de capas en el que la importancia radica en la recogida, procesamiento, almacenamiento y gestión de los datos a lo largo de cada nivel.

SHCity Gestor – Basic structure by entity / zone

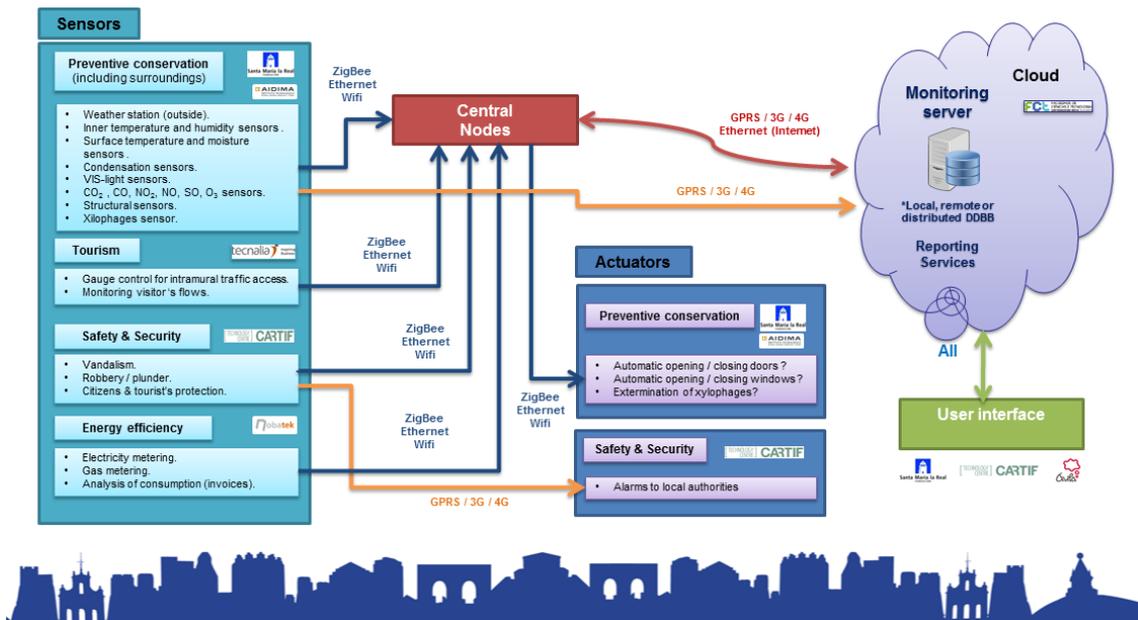


Figura 7 Estructura básica de la aplicación SHCity-Gestor

La aplicación SHCity-Gestor incluye a los datos recogidos por los sensores el conocimiento experto (lo que es propiamente el GT4). De este modo en la Actividad 3 de ese GT4, está previsto el desarrollo de la funcionalidad que permite:

1. El manejo del conocimiento experto.
2. El manejo de parámetros provenientes de los sensores y dispositivos desplegados a escala urbana.
3. El manejo de los datos almacenados en una BBDD homogénea que compendia todos los campos y factores necesarios para la gestión de cascos históricos.

Los expertos del conocimiento de cada ámbito, implementarán las correspondientes reglas tipificadas en la aplicación software SHCity-Gestor mediante procedimientos internos en la BBDD del servidor/res (se estudiará su duplicación en la nube) (Ver Figura 6). Cada regla podría ser utilizada dentro de la aplicación software a través de un llamamiento a los procedimientos bajo comandos preestablecidos. Las reglas podrán ser consultadas y/o sus parámetros modificados desde la interfaz generada para el SHCity-Gestor.

La herramienta software resultante posibilitará la conexión/desconexión con la BBDD y estará preparada para trabajar tanto on-line (datos actuales y funcionalidad total) como off-line (datos históricos y funcionalidad reducida).

Mediante la habilitación de una pestaña (o equivalente) se permitirá definir y configurar las reglas de detección de incidencias y riesgos. La lógica computacional para la activación de los dispositivos vía remota, requerida para poner en práctica determinados avisos y/o recomendaciones, se desarrollará e implementará en el GT5 según la necesidad global de gestión.

### **3.5.3. SHCity Turista**

La aplicación turística consistirá en dos ventanas principales cuyas acciones son la elección y visualización de los sitios existentes para visitar y seleccionar / generar recorridos.

Para la creación de esta aplicación se utilizará los datos recogidos por diversos sensores y almacenados en la nube. Con el tratamiento de estos datos será posible ofrecer al turista una gama de información para facilitar la visita y para que sea más interesante para el usuario.

La aplicación se conecta a la nube con el fin de proporcionar datos en tiempo real, tales como la tasa de ocupación de un monumento, el tiempo de espera, así como alternativas de monumentos para visitar dentro de la ciudad con menos turistas.

Esta aplicación será programada para ejecutarse en sistemas Android y iOS y tendrá como opción de selección los tres idiomas del proyecto, español, francés y portugués.

El software creado permitirá la conexión con la base de datos y estará listo para transmitir datos en línea (datos en tiempo real) y fuera de línea (datos históricos e información fija en los monumentos).

## 4. Definición de interfaces de integración

### 4.1. Integración del equipamiento con la infraestructura existente

Para poder comenzar con la implementación física del proyecto SHCity, se necesita disponer en una primera fase, de una infraestructura operativa donde comenzar a guardar y procesar los datos enviados por cada una de las redes de sensores. Dicha infraestructura corresponderá con la siguiente figura (Figura 8), dónde el almacenamiento de los datos se llevara a cabo, en gran medida, en un servidor alquilado por parte de FSMLRPH (con una estructura y configuración similar al utilizado para el proyecto SHBuildings), dónde cada uno de los socios podrá enviar los datos según las necesidades de su red de sensores.

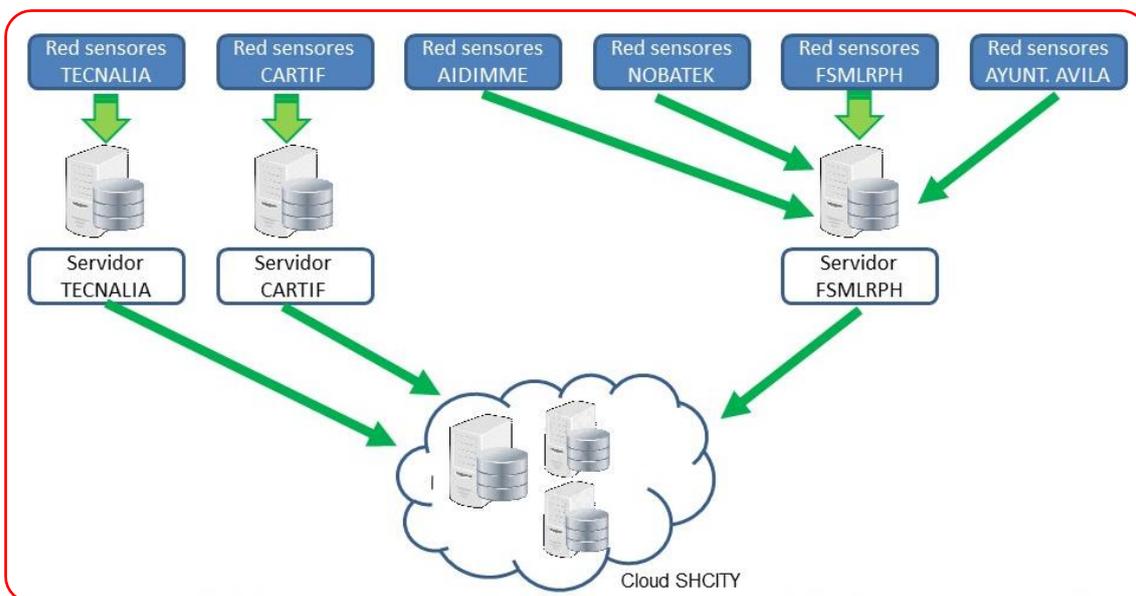


Figura 8 Infraestructura del sistema SHCity para 1ª fase

La infraestructura final que persigue el proyecto corresponderá con la siguiente figura (Figura 9), dónde los datos y su procesamiento estará en la nube o servidor dedicado para tal fin, proporcionado por FCTUNL.

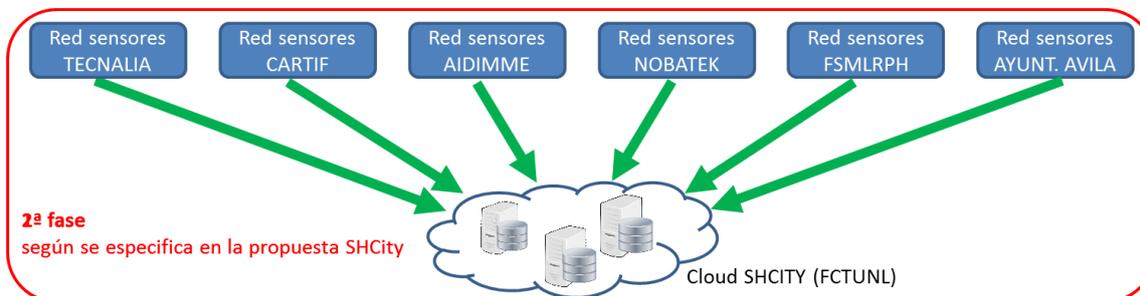


Figura 9 Infraestructura del sistema SHCity para 2ª fase

Mediante ésta infraestructura para el almacenamiento y tratamiento de los datos se dará soporte físico para el esquema general y funcional del proyecto SHCity, que se puede ver en la siguiente figura (Figura 10). En éste esquema la nube SHCity recibirá como entradas los datos procedentes de la red de sensores, los datos del modelo

urbano 3D, los datos externos procedentes de otras entidades (incluidos los aportados por los turistas a través de la aplicación SHCity-Turista), y los datos aportados por el conocimiento experto (incluidos los datos aportados por el gestor a través de la aplicación SHCity-Gestor); y generará como salida toda la información para las dos aplicaciones creadas en el proyecto SHCity.

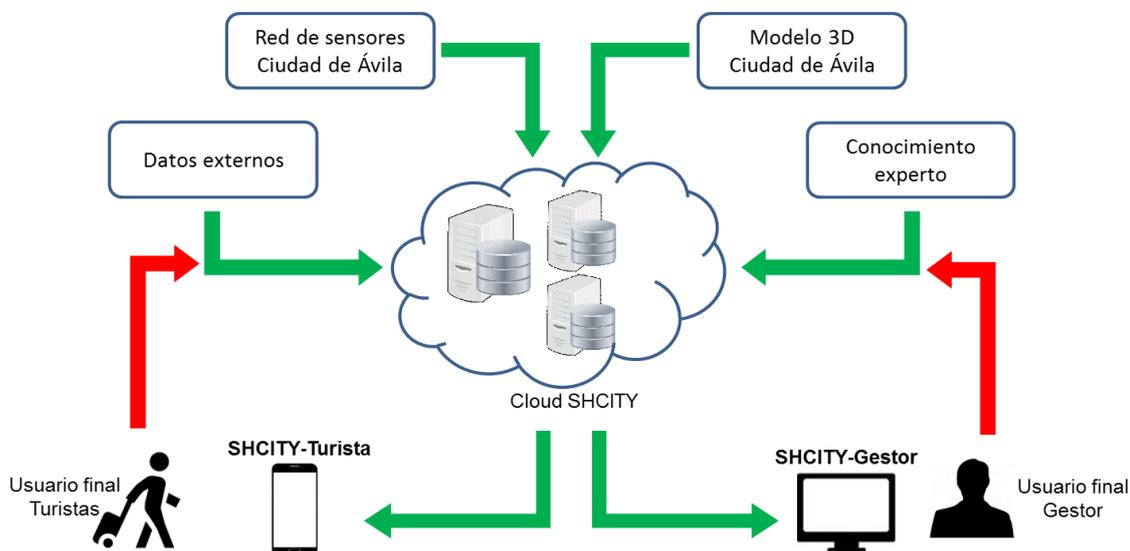


Figura 10 Esquema funcional del sistema SHCity

En cuanto a la integración de la red de sensores en la ciudad, se debe tener en cuenta que antes de llevar a cabo la instalación del equipamiento en cada uno de los ámbitos de aplicación del proyecto SHCity, éste debe haber sido configurado, programado y testado en las instalaciones del proveedor o instalador de los equipos, verificando su correcta integración en el sistema SHCity. Para el comienzo de la instalación se alquilará un servidor para su uso como sustituto del almacenamiento en la nube, antes de la preparación de dicho almacenamiento.

La instalación del equipamiento se debe realizar conforme a la ubicación y ejecución definidas en el sistema, teniendo en cuenta cuestiones de integración y visibilidad en entornos patrimoniales, y debe quedar perfectamente reflejada y documentada.

Será necesaria la realización de una o varias visitas previas para visualizar todos los puntos de instalación indicados en el sistema SHCity. En ésta etapa se deben hacer fotografías de las ubicaciones exactas de cada elemento, indicadas en el sistema, que servirá a posteriori para la generación de la documentación técnica de la instalación y testigo del estado inicial del bien.

Para la integración del equipamiento en cada uno de los ámbitos de aplicación del sistema SHCity se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **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 del sistema.

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 ésta 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 SHCity cerca de estos sistemas y para cualquier coincidencia de ubicación entre equipamiento SHCity 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 gestor.

En el caso de los sensores estructurales, 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 éste 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 los mismos.

- **Fijación de los elementos**

Para la fijación del equipamiento SHCity, 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 finales y sensores del sistema SHCity, taco de plástico, tornillo, bridas, adhesivo de contacto, ...
- Para sensores estructurales, taco químico o fijación mecánica, ...
- Para los nodos centrales: normalmente no se requiere de fijación mecánica, se debe colocar en posición horizontal, se debe tener en cuenta 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

#### 4.2. Integración del equipamiento con el modelo urbano

Cada uno de los ámbitos de aplicación el proyecto SHCity dispondrá de la infraestructura necesaria para el almacenamiento y gestión de la información de los sensores de dicho ámbito. La comunicación entre los servidores de ámbito y el servidor del modelo urbano 3D será bidireccional. El modelo urbano contendrá los datos estáticos que caracterizan el centro histórico de estudio (por ejemplo, número de habitantes, aforos de edificios, uso de los edificios, etc.). Para el cálculo de los indicadores de cada ámbito puede requerirse, además de la información de los sensores, información contenida en el modelo urbano. Una vez calculados los indicadores de ámbito dichos indicadores se almacenarán en servidor del modelo urbano, asociados al elemento correspondiente (edificio, plaza, parque, etc.). Para esta comunicación entre los dos servidores se utiliza el servicio WFS desplegado en el servidor del modelo urbano (Ver Figura 11).

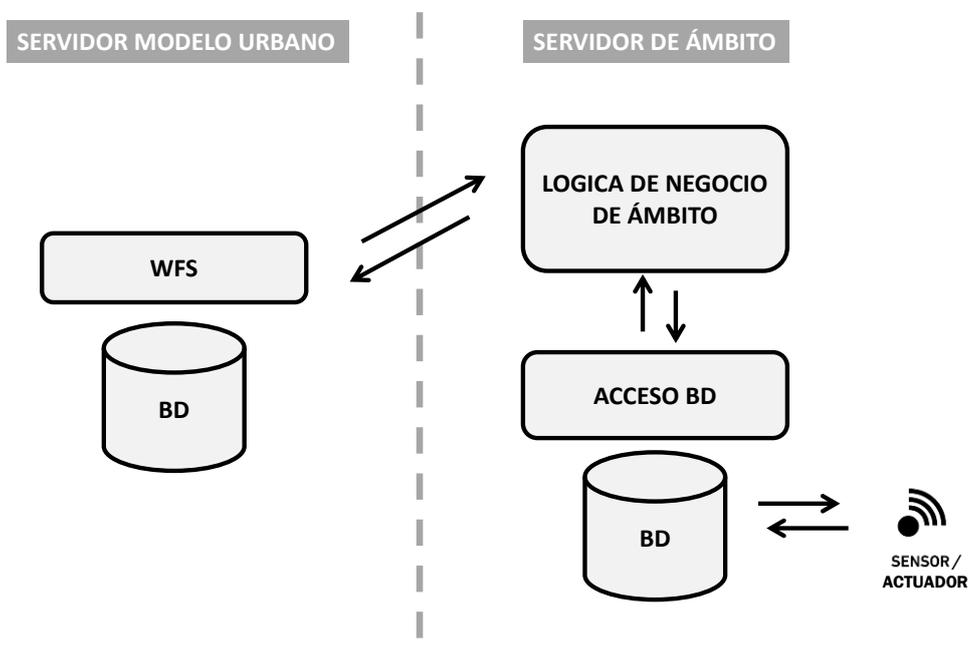


Figura 11 Integración del equipamiento con el modelo urbano

#### 4.3. Integración de la infraestructura local con la nube

La infraestructura de la nube se lleva a cabo para permitir el almacenamiento y la disponibilidad de los datos recogidos en diferentes elementos y ámbitos monitorizados, después de ser procesados localmente. La arquitectura de la infraestructura proporciona una estrategia que asegura el intercambio de información entre las ubicaciones de las diversas entidades que están monitorizadas o aplicaciones que requieren dichos datos.

Para cada cliente / aplicación específica debe ser desarrollado el módulo de comunicación apropiado, basado en estándares WSDL, SOAP y XML, con el fin de asegurar la integración entre las entidades y la infraestructura (ver Figura 12).

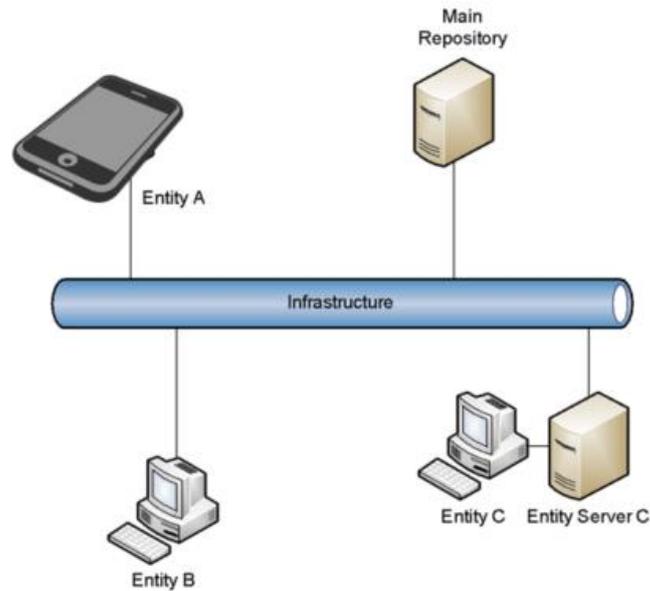


Figura 12 Infraestructura de conexión entre la nube y las entidades locales

La infraestructura será implementado en Java o C # usando servicios web y se almacena en un servidor Web. Para comunicarse con el repositorio central a través de la infraestructura, las entidades tienen que implementar un módulo de comunicación para acceder a los servicios web.

## 5. Interfaces de Usuario (GUI)

### 5.1. SHCity Gestor GUI

De acuerdo a la Actividad 4 del GT4, y considerado como pretensión máxima que debe acotarse debidamente según la evolución de GT1, GT2 y GT3, se generará la visualización de los elementos patrimoniales urbanos de interés sobre un mapa georreferenciado, a través de fuentes de servidores de imágenes satelitales libres y gratuitos (Google Map o eq.) Además, se posibilitará su funcionamiento en modo caché (sin conexión a Internet). Adicionalmente (o alternativamente) el módulo de visualización del SHCity-Gestor representará el modelo urbano 3D generado en el GT3.

Colocando el cursor encima de un elemento, se mostrará su información descriptiva y de los objetos asociados (sensores, etc.). También establecerá la localización GPS de los emplazamientos que se necesiten. Igualmente mostrará en tiempo real los avisos y las lecturas de datos de sus fuentes respectivas.

Se analizará también la posibilidad de incorporación de funcionalidades añadidas como:

- El centrado automático de la vista sobre un elemento, avisos de incidencias/alarmas por código de colores, así como la definición de áreas especiales sobre el mapa (por riesgo, etc.)
- Doble menú de navegación: uno tradicional, para acceder a todas las funcionalidades del programa; y otro basado en pestañas, con el que se accederá a los diferentes apartados de la interfaz.
- Estructura de árbol para mostrar de forma anidada los edificios y/o zonas de entorno cercano a gestionar. De la rama correspondiente colgarán los sensores y dispositivos instalados, visualizándose en tiempo real los valores de los parámetros monitorizados.

### 5.2. SHCity Turista GUI

La aplicación turística consta de dos ventanas principales: una primera para la elección y visualización de los lugares disponibles para visitar (Figura 13-1) y el otro para seleccionar y/o generar rutas (Figura 13-3).



Figura 13 SHCity-Turista GUI mock-up

En cuanto a la lista de lugares que se puede mostrar será la lista de ubicaciones existentes y monitorizadas. Cada monumento histórico contendrá un listado de información que conduzca a una mejor transmisión de información al turista. Esta información va desde la información que se puede encontrar en línea, tales como imágenes y vídeos del monumento seleccionado, la ubicación exacta del mismo, horas de apertura y cierre o la duración media de la visita, así como información en línea en tiempo real, tales como la tasa de ocupación de monumento o el tiempo medio de espera para visitar el monumento en ese momento.

En cuanto a las rutas existentes en la ventana de la aplicación se pueden mostrar rutas predefinidas para los turistas que contienen información, tales como:

- La duración total de la ruta;
- Número total de monumentos para visitar;
- Características (tipo de ruta: religioso, arte, etc ...)

Después de elegir la ruta los turistas podrán ver toda la información de la ubicación de cada monumento y el camino a seguir a través de un mapa utilizando fuentes de servidores de imágenes de satélite libres y gratuitas (por ejemplo. Google maps). También puede acceder a información sobre cada lugar incluido en la ruta.

Se estudiará también la posibilidad de crear itinerarios personalizados teniendo en cuenta los tiempos de espera y las tasas de ocupación y las necesidades de los turistas:

- Tiempo total de visita (1, 2, n días);
- Número total de monumentos a visitar;
- Monumentos específicos a visitar;

## 6. Buenas Prácticas de Implantación

En base a la interacción necesaria del sistema SHCity con el ámbito patrimonial, se debe tener en cuenta un conjunto de buenas prácticas a la hora de la implementación del sistema SHCity. Buenas prácticas cómo:

- Todos los miembros del equipo instalador se deben presentar in situ correctamente uniformados e identificados (con ropa adecuada y logo de la empresa a cuál pertenecen).
- 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.
- Respetar los actos religiosos.
- Respetar la opinión de los demás (visitantes, fieles, vecinos, etc.) que pasen por la instalación.
- Ningún miembro del equipo instalador debe desplazarse por el edificio sin el consentimiento del cliente o responsable del inmueble.
- Cuidar de los bienes patrimoniales.
- Utilizar protectores para las escaleras para no dañar la pared o dejar huellas.
- No apoyar herramientas directamente sobre los bienes patrimoniales sean cual 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, en los contenedores específicos. Ser respetuosos con el medio ambiente.
- No manipular las obras de arte. Para este fin se requiere una formación/preparación específica.
- Nunca se debe dañar los objetos patrimoniales salvo existencia de permisos específicos.

## 7. Conclusiones

El objetivo de este producto es detallar el diseño conceptual y funcional del sistema SHCity. Este documento presenta la arquitectura general del sistema, los módulos que componen el sistema y las relaciones y conexiones entre dichos módulos. También se detalla en el documento las funcionalidades y principales aspectos de la monitorización que se llevará a cabo en el sistema para cada uno de los ámbitos de aplicación. Las principales funcionalidades y los interfaces de interacción de usuario se identifican en una primera aproximación.

Desde el punto de vista de la arquitectura se establece en este documento que el sistema SHCity se define como un sistema distribuido donde cada uno de los ámbitos del proyecto se integra de manera modular en el sistema. El sistema consta de una infraestructura local compuesta de los sensores ubicados en el entorno de monitorización y uno o varios nodos centrales que recogen los datos de los sensores (en algunos casos los propios sensores recogen y envían los datos al servidor), y los envían a unos servidores de datos localizados de forma distribuida. Cada servidor puede recoger datos de sensores de uno o varios ámbitos. Los datos de cada ámbito procesados (indicadores) se recogerán de forma integrada en la nube-SHCity. Las aplicaciones de usuario (SHCity-Gestor y SHCity-Turista) utilizarán la información de la nube combinada con el modelo urbano, el conocimiento experto y otras fuentes de datos externas.

El acceso a la información entre los diferentes ámbitos, la nube, el modelo urbano y las aplicaciones se realizará a través de servicios web estándares, de manera que sea interoperable y se haga siguiendo estándares internacionales de acceso a la información.

Cada uno de los ámbitos de aplicación del sistema identifica una serie de parámetros e indicadores a monitorizar. El proceso de identificación realizado en este documento es el punto de partida para la generación del conocimiento necesario para la gestión eficiente de los entornos urbanos históricos. Estos parámetros son de naturaleza heterogénea y en algunos casos se repiten o utilizan equivalentes para diferentes ámbitos. Estos parámetros se asociarán de forma correspondiente durante la fase de homogeneización y unificación de la información (GT4), de modo que no exista duplicidad de parámetros e indicadores equivalentes en la plataforma.

A la hora de implementar el sistema deberá tenerse especial preocupación con la integración del equipamiento a instalar (sensores y nodos) respetando requerimiento legales y estéticos relativos a la ubicación, visibilidad y fijación de los dispositivos en edificios y entornos de valor histórico y patrimonial.