



PROTOCOLO DE IMPLANTACIÓN DEL
FACILITY MANAGEMENT EN LA
REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS PATRIMONIALES

Autora:
FLORENCIA GONZÁLEZ ARMESTO
Tutor:
Fernando Cos-Gayón López
MASTER OFICIAL EN EDIFICACIÓN
Curso 2020/2021



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA
DE EDIFICACIÓN

ÍNDICE

Agradecimientos.....	2	3.1. FM: Facility Management	23
Resumen.....	3	3.1.1. Definición y origen	23
Abstract	3	3.1.2. Beneficios en la implantación de FM	31
Acrónimos.....	4	3.1.3. Dificultades en la implantación de FM.....	34
1. Introducción	5	3.1.4. FM y BIM	36
1.1. Elección del objeto de estudio	5	3.1.5. FM y el patrimonio	40
1.2. Justificación de la investigación	6	3.1.6. Gestión del mantenimiento remoto	58
1.3. Objetivos.....	7	4. Planteamiento teórico	60
1.3.1. Objetivos generales	7	4.1. Determinación de objetivos generales	60
1.3.2. Objetivos específicos.....	8	4.2. Propuestas de recolectado de información y estudios existentes	63
1.4. Metodología de trabajo.....	9	4.3. Propuestas de mejoras y posibles problemas a considerar	67
2. Marco Conceptual	10	5. Caso Práctico.....	69
2.1. Prometheus 2020	10	5.1. Alcance de la propuesta.....	69
2.1.1. Líneas de trabajo y alcance de la propuesta	10	5.2. Implementación de la propuesta: Procedimiento de modelado y	trabajo en softwares
2.1.2. Historia y entorno de las iglesias a catalogar	12	5.3. Consideraciones a ponderar	100
2.2. Building Information Modeling	14	6. Conclusiones	102
2.2.1. Definición y origen.....	14	7. Bibliografía	104
2.2.2. Dimensiones del BIM.....	18	8. Tabla de Ilustraciones	109
2.2.3. Beneficios de la implantación BIM	20	9. Anexos.....	112
3. Estado del Arte	23		

Agradecimientos

Deseo comenzar agradeciendo a todas aquellas personas que me acompañaron en el proceso de este trabajo y especialmente en el cursado del máster. Este proyecto me ha permitido crecer en estos dos últimos años tanto, como persona y en lo profesional, y en gran parte se lo debo a ellos.

A mi familia que, a pesar de la distancia, siempre ha estado apoyándome en cada decisión que adopto y ha hecho posible esta realidad. La confianza y el sostén que me han brindado me ha permitido llegar lejos y cumplir con todos los objetivos planteados. Sino fuera por el apoyo constante, las incontables llamadas dándome fuerzas para dar lo mejor de mí, este trabajo no sería una realidad.

A mis compañeros de grupo, con los que he compartido todo el camino del máster, gracias por hacer ameno el proceso y ayudarme llegar hasta este momento.

Por último, a los profesores del máster de Edificación, quienes me han guiado en todo el camino, y especialmente a mi tutor Fernando Cos Gayón, quien ha sido una figura importante en el transcurso del máster, quiero agradecerle por la confianza depositada en mí y por todo lo que he aprendido junto a ellos.

A todas las personas que estuvieron presentes en el camino, gracias por traerme hasta aquí.

Resumen

El presente trabajo final de máster radica en la obtención de un protocolo a seguir para optimizar la gestión del mantenimiento remoto de un edificio patrimonial. Mediante diferentes técnicas, entre ellas herramientas de la metodología BIM, se intentará llegar a un modelo 3d el cual contenga información suficiente para gestionar el inmueble en su situación actual de manera remota y que funcione como nexo de comunicación entre diferentes agentes, que forman parte del equipo de restauración y mantenimiento del patrimonio. A su vez, que el siguiente trabajo pueda ser utilizado como base de datos y puntapié para la rehabilitación y consiguiente mantenimiento del inmueble patrimonial en cuestión.

A través de información obtenida por el equipo de investigación conocido como Prometheus, el cual investiga y fomenta la implementación de un protocolo interdisciplinario para la documentación del patrimonio arquitectónico; más específicamente poniéndolo en práctica con una serie de monumentos y edificios que se encuentran en la zona de ruta conocida como Upper Kama, Rusia, se intentará desarrollar lo antes expuesto con el caso práctico de la Iglesia de la Trinidad.

Abstract

The present master thesis's main objective is to obtain a protocol to optimize the management of remote maintenance of a heritage building. Through different techniques, including tools within BIM methodology, an attempt will be made to arrive at a 3d model that will contain enough information to low remote management of the property in its current situation and that it will also function as a link between different agents, which are part of the heritage restoration and maintenance team. In addition, it is expected that the following work can also be used as a database and kickstart for the rehabilitation and consequent maintenance of the heritage property in question.

Through information obtained by the research team known as Prometheus, which investigates and promotes the application of an interdisciplinary protocol for the documentation of architectural heritage; specifically, putting it into practice with a series of monuments and buildings that are in the Upper Kama route, Russia, we will try to develop the above-mentioned with the practical case of Church of Trinity.

Acrónimos

AEC: Architecture, Engineering and Construction

AIM: Asset Information Model

BAS: Building Automation System

BEP: BIM Execution Plan

BIFM: British Institute of Facilities Management

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer Aided Design

CAFm: Computer Aided Facility Management

CMMS: Computerized Maintenance and Management System

COBie: Construction Operations Building Information Exchange

FM: Facility Management

HBIM: Heritage Building Information Modeling

IFC: Industry Foundation Classes

IFMA: International Facility Management Association

IPD: Integrated Project Delivery

KPI: Key Performance Indicator

LOD: Level of Development

MEP: Mechanical, electrical and plumbing

O&M: Operations and Maintenance

PROMETHEUS: PROtocols for information Models librariEs Tested on
Heritage of Upper Kama Sites

UAV: Unmanned Aerial Vehicle

1. Introducción

1.1. Elección del objeto de estudio

La industria de la construcción es una de las más antiguas, pero a pesar de ello es la que se encuentra más retrasada respecto a la sistematización y optimización de procesos. Esto se debe a que aún se trata al sector como generador de actividades de producción artesanal, a pesar de contar ya con herramientas que ayuden a gestionar mejor las obras convirtiéndose en una producción más sistematizada, y evitando así el error humano.

Con la llegada de la metodología BIM al mundo de la construcción, la gestión de los proyectos arquitectónicos comenzó a facilitarse ya que se pudo contar con un modelo que reunía toda la información que los distintos agentes multidisciplinares necesitaban, vinculada y actualizada constantemente. Dado a que su aparición en el mundo de la construcción es relativamente reciente, los edificios patrimoniales suelen ser relegados debido a su complejidad y a la falta de información sobre los mismos para lograr una carga de datos que tenga valor a la hora de actuar en la edificación.

Es aquí donde ingresa el Facility Management, (en adelante FM) para intentar gestionar de manera adecuada el inmueble arquitectónico en cuestión. Mediante diferentes herramientas se intentará llegar a un protocolo de actuación y gestión que funcione como puntapié para la puesta en valor de edificios en decadencia.

Es por todo lo anterior mencionado que decidí desarrollar, bajo las líneas de investigación del equipo Prometheus, el caso de la iglesia de la Trinidad o Trinity Church, situada en la zona de Upper Kama, en el distrito de Cherdyn, en la localidad de Vilgort, Rusia; para su análisis, documentación y posterior proposición de modelo de actuación para su restauración, gestión y mantenimiento de las instalaciones de la misma.

¿Pero por qué creo que es importante el FM en la gestión del patrimonio arquitectónico? Porque tal como expone Collado, V. et al (2019) el FM es la contribución a la mejora del rendimiento de la organización con respecto a las personas, los procesos, las finanzas y el entorno.

Creo fervientemente que a través de la sistematización de procesos y la búsqueda de sistemas de actuación que se puedan replicar en diferentes edificaciones, permitirán mejorar la gestión y mantenimiento de espacios habitables. Es por ello que es mi intención revisar en este trabajo final de máster, diferentes soluciones que arriben a conclusiones respecto a estas

nuevas herramientas que existen actualmente en el mercado, para completar y cumplir con las tareas de FM en la gestión de la edificación.

1.2. Justificación de la investigación

Nos basamos en el objeto principal del Máster Universitario en Edificación de la UPV, el cual es la formación avanzada en los campos de conocimiento actualmente requeridos en el análisis, planificación y ejecución de una obra de edificación; este mismo objetivo avala la decisión de afrontar el siguiente trabajo de investigación, el cual es la búsqueda de la sistematización de procesos mediante herramientas BIM, más específicamente centrándonos en el FM.

Fue principalmente esta metodología y sus preceptos adquiridos en el transcurso del máster, los que más llamaron mi atención y los que me llevaron a indagar cómo se pueden aplicar para facilitar la comunicación entre las diferentes partes del proyecto, partiendo de una base en común, para poder adoptar decisiones respecto a diferentes etapas del proyecto.

Es importante también destacar el trabajo realizado por el grupo de investigación Prometheus, en la búsqueda de un protocolo replicable en

diversos monumentos religiosos en el área de estudio Upper Kamma, Rusia. A medida que se dan a conocer estos protocolos y son llevados a la práctica, nos permitirán desarrollar actividades colaborativas desde cualquier parte del mundo, con una multiplicidad de agentes y profesionales, obteniendo resultados de mayor calidad y profundidad. Considero que este es otro de los aspectos que me inquietaron y me impulsaron a realizar este trabajo final.

Y, por último, el hecho de aplicar estas metodologías a inmuebles patrimoniales para luego llevar a cabo la gestión de los mismos, como es el caso del siguiente trabajo de investigación, es un desafío tal como se constató previamente debido a la falta de información y tiempo que implica desarrollar la base de datos de una edificación tan compleja. Este creo que será el reto más difícil de abordar, pero tal como se revisó en el cursado del máster, se intentará arribar a soluciones sencillas para el modelado de la edificación, para que luego funcione como base de datos que permita optimizar la gestión de la edificación.

Aglomerar estas tres directrices dentro de este trabajo de investigación, entiendo nos permitirá arribar a conclusiones conjuntas pero que también nos ayude a dilucidar los beneficios y los problemas

específicos de cada directriz, siendo estas el BIM, el FM y la gestión de edificaciones patrimoniales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

La finalidad del siguiente trabajo final de máster es generar un protocolo de actuación que permita gestionar la situación de un bien patrimonial cuyo estado de conservación se desconoce, de manera remota mediante diferentes plataformas dentro de la metodología BIM. En primer momento, se instará a la protección del inmueble, buscando mantener la integridad estructural del edificio. Más tarde, a través de este propósito, se intentará promover la restauración de este, y una vez que se decida rehabilitarlo, contar con una base de datos que agilice el proceso de las tareas de restauración correspondientes.

Una vez llevado a cabo los trabajos de restauración, que se admita continuar con el proceso de mantenimiento remoto, permitiendo así poder monitorear las instalaciones del edificio desde cualquier parte del mundo, y en caso de fallos de las mismas, alertar para que se solucionen. Este plan

se pondrá en práctica con el desarrollo de documentación del caso de estudio de la Iglesia de la Trinidad, la cual se encuentra en Vilgort, Rusia.

A su vez, esta metodología permitirá promover el uso de herramientas que fomenten la interoperabilidad de diferentes agentes de la construcción y gestión de inmuebles para así obtener proyectos de mayor calidad y con mejores resultados. Mediante el BIM y sus diversas aplicaciones, y más específicamente el FM, intentaré conformar un plan de gestión que se pueda aplicar a este bien patrimonial, para lograr así contar con la documentación disponible para su futura posible restauración, puesta en valor y la gestión de su mantenimiento futuro.

1.3.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo principal planteado será necesario a su vez, proponerse una serie de objetivos más específicos para lograr el cometido buscado.

Estos serán desarrollados en primer lugar, dentro de la revisión bibliográfica, la que nos permitirá aproximarnos a las problemáticas de cada temática, y a su vez como se relacionan con el resto de las metodologías. Una vez comprendido cada aspecto de ellas, se traducirán los conocimientos adquiridos en el caso práctico elegido.

Por tanto, se detalla a continuación los objetivos concretos planteados para el desarrollo de este trabajo de investigación:

- Comprensión escueta del BIM y como puede ser aplicado a la gestión de proyectos patrimoniales. Revisión de los beneficios y problemáticas que puedan llegar a ocurrir en el proceso.
- Estudiar y examinar la información disponible respecto al FM, con sus beneficios y posibles consideraciones a contemplar, sobre todo en lo que refiere a edificios patrimoniales.
- Análisis de las edificaciones patrimoniales y las posibles problemáticas a la hora de su restauración y su puesta en valor.

- Generar la documentación 3d del edificio actual necesaria para realizar la tarea de protección de la integridad estructural del inmueble. Luego, mediante la base de datos creada, permitir que la misma pueda ser actualizada y abarcar más aspectos por diversos agentes, los cuales puedan extraer y analizar fácilmente a través de diferentes plataformas. A partir de ello, proseguir con la restauración del inmueble, tomando el modelado en 3d como base de datos. Y, por último, realizar la tarea de mantenimiento y monitoreo de las instalaciones, combinando los trabajos de modelado con creación de planillas y listados. Debido al escaso presupuesto con el que se cuenta, se buscará encontrar soluciones económicas que resuelvan nuestras inquietudes.
- Realizar un informe con los pasos a seguir para sistematizar el proceso de documentación y puesta en marcha del mantenimiento remoto.

1.4. Metodología de trabajo

La estructura del siguiente trabajo de investigación estará comprendida en tres grandes etapas:

- Definición del marco conceptual.
- Estudio y análisis del estado del arte.
- El planteamiento teórico haciendo hincapié en el caso práctico.

Una vez desarrollado cada uno de estos puntos, se arribarán a conclusiones para intentar aproximarnos a la mejora de la gestión de proyectos patrimoniales.

En el primer capítulo, denominado Marco Conceptual, se hará una breve introducción del equipo de investigación PROMETHEUS 2020 y el trabajo que realizan en la documentación de edificaciones patrimoniales. También se revisará la metodología BIM, lo que nos dará una imagen general del propósito del trabajo para luego adentrarnos en el meollo del trabajo.

En el segundo capítulo, Estado del Arte, se analizará el concepto de FM, con sus beneficios y complicaciones para luego dirigirnos hacia la gestión de inmuebles patrimoniales, que es el foco de este trabajo de investigación,

debido a la complejidad de las edificaciones de esta índole. A su vez, se hará hincapié en el estudio y análisis de bibliografía que ensaye la gestión del mantenimiento remoto, intentando siempre aplicarlo a la tipología antes mencionada. En este apartado, se hará una recopilación de bibliografía existente en relación con el FM y el BIM, y desde luego, el FM y el patrimonio.

En el tercer capítulo, referenciado como Planteamiento teórico, una vez estudiada la bibliografía existente, se desarrollará el procedimiento a seguir para lograr la gestión del mantenimiento remoto del bien patrimonial, ejecutándose luego en el caso práctico elegido, la iglesia de la Trinidad en Vilgort. Una vez confeccionado el protocolo, se contemplarán las mejoras obtenidas y las posibles falencias de lo propuesto, a solucionar en un futuro.

Inmediatamente se procederá al desarrollo de las conclusiones obtenidas, intentando establecer posibles líneas de investigación que puedan ser desarrolladas más adelante.

2. Marco Conceptual

2.1. Prometheus 2020

2.1.1. Líneas de trabajo y alcance de la propuesta

Grupo de investigación conformado por docentes y profesionales del área de arquitectura y edificación de tres universidades, Università degli Studi di Pavia (Pavía, Italia), Perm National Research Polytechnic University (Perm, Rusia) y la Universidad Politécnica de Valencia (Valencia, España). Este colectivo está orientado a la documentación y estructuración de la información de un proyecto práctico, el cual apunta a la catalogación y puesta en valor de edificios y monumentos de valor patrimonial en la zona de Upper Kama, Rusia.

La tarea de documentar edificios o bienes patrimoniales para una futura catalogación de los mismos se encuentra muy en boga en las administraciones europeas, por tanto, es necesario pactar normas de digitalización y de desarrollo de la documentación, para que el concepto de la interoperabilidad de agentes y disciplinas se pueda llevar a cabo de manera adecuada.

Mediante el uso de la metodología BIM, el equipo de investigación Prometheus se encuentra en proceso de conformar un sistema informático 3d, el cual permitirá realizar la gestión, mantenimiento y revalorización de las rutas de patrimonio cultural dentro de las administraciones europeas. Dado a la multiplicidad de softwares comerciales en el mercado, intentarán llegar a un protocolo colaborativo BIM que permita la interoperabilidad de diferentes agentes, logrando así métodos de documentación para luego proseguir a la conservación de los inmuebles.

Valiéndose de las cualidades y fortalezas de cada equipo, conformado por los tres países integrantes mencionados anteriormente, el caso práctico elegido es una prueba fehaciente del trabajo colaborativo entre diferentes partes que intenta fomentar la metodología BIM, y por supuesto el equipo de Prometheus.

Las tareas realizadas por este equipo se dividen en tres, coincidiendo con las habilidades de cada universidad. Por un lado, el equipo italiano se encarga del estudio de la digitalización de la arquitectura patrimonial, mientras que el grupo de profesionales rusos aportarán sus conocimientos a nivel histórico y urbanístico de los elementos patrimoniales y por supuesto, su implantación. Por último, la contraparte española colaborará

con la generación de censos respecto al patrimonio en cuestión, al mismo tiempo que ofrece su habilidad en tecnologías constructivas.



Ilustraciones 1,2 y 3 – (Izquierda, arriba) Equipo Prometheus conformado por las ciudades universidades (Italia, Rusia y España) (Izquierda, abajo) Mapa de ubicación del caso práctico. (Derecha) Mapa de las tres zonas de actuación del caso práctico.
Fuente: <https://prometheush2020.eu/>

Tal y como se puede apreciar en su página web, se trata de un proyecto que recibe fondos del programa de investigación e innovación de la Unión Europea denominado *Horizonte 2020*, el cual promueve el desarrollo de tecnologías y sus aplicaciones para mejorar la competitividad europea, fundamentos centrales dentro de este proyecto de investigación.

Me ha interesado desde el comienzo del máster lograr la gestión de los inmuebles mediante procesos colaborativos, y es por esta razón que me atrajo la labor realizada por este equipo de profesionales. La idea principal del siguiente trabajo de investigación es desarrollar un sistema que permita el mantenimiento de un bien patrimonial, con las complicaciones que esto implica, de manera remota, y lograr que se fusione el trabajo de varios agentes interdisciplinarios, lo que deviene de los objetivos principales propuestos por el grupo Prometheus, antes mencionados.

2.1.2. Historia y entorno de las iglesias a catalogar

El caso práctico elegido para este trabajo de investigación se encuentra situada en la zona de Upper Kama, Rusia. Es un área mayoritariamente rural de topografía elevada que se encuentra entre los ríos Kama y Cheptsá. Dentro de esta zona demarcada, existen un grupo de inmuebles religiosos aislados que cuentan con estilos arquitectónicos similares, todos patrimonios resultantes de influencias europeas, no solo a nivel estético sino también a nivel constructivo.

Por todo lo mencionado anteriormente, es que el caso de Upper Kama es un ejemplo representativo de la ruta de patrimonio cultural y es por ello que se están desarrollando prácticas de documentación y digitalización para promover la gestión mediante herramientas colaborativas dentro de las administraciones europeas.

En lo que respecta a este trabajo de investigación, nos focalizaremos en la iglesia de la Trinidad, la cual se encuentra en el distrito de Cherdyn, en la localidad de Vilgort, Rusia. De acuerdo con información proporcionada por el equipo de investigación Prometheus, la construcción de la misma data entre los años 1779 y 1902 y se trata de un inmueble de

una mixtura de lenguajes entre el Moscovita Barroco e influencias europeas.



Ilustraciones 4,5 y 6 – Situación actual de exteriores e interiores de la Iglesia de la Trinidad.

Fuente: obtenida directamente del grupo de investigación Prometheus.

Actualmente, como se puede apreciar en las fotografías adjuntadas, la iglesia se encuentra emplazada en una zona rural, alejada del resto de construcciones que conforman el poblado. Se halla, como se puede apreciar, en un estado de total abandono y descuido, pero que se ha logrado mantener en relativas buenas condiciones debido a las cualidades de los materiales elegidos, respecto al paso del tiempo; tal es el caso del ladrillo caravista en el exterior.

La intención del equipo de investigación Prometheus radica, como se comentó anteriormente, en tomar todas estas edificaciones aisladas dentro de la zona de Upper Kama, que cuentan con características similares, logrando así la documentación de ellas y generando un sistema de información, que permita catalogarlas y en un futuro, ayude en el proceso de restauración.

Estos protocolos, luego se podrán replicar en otras edificaciones, modificando las características particulares de cada una de ellas, por tanto, el objetivo de este trabajo, de ser cumplido satisfactoriamente, permitirá mejorar ampliamente la gestión y mantenimiento de las instalaciones de

elementos patrimoniales, permitiendo que la misma sea llevada a cabo de manera remota.

2.2. Building Information Modeling

2.2.1. Definición y origen

Existe un sinfín de definiciones de lo que BIM implica, tantas como la inmensidad de aplicaciones y mejoras que esta metodología le puede otorgar a un proyecto arquitectónico y de construcción. Al mismo tiempo, es un concepto que se ha revisado en diversos trabajos de investigación, por tanto, no es necesario centrarse tanto en su definición, pero si es importante precisar unas nociones básicas que nos permitan entender la labor que se desarrollará más adelante.

De acuerdo con la Building SMART Spanish Chapter (2021), asociación española que promueve el uso de la herramienta BIM, constata en su página web que se trata de una “metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. A través de un modelo 3d, se puede archivar toda la información referida a un inmueble para luego ser analizada y trabajada por un sinfín de agentes”.

Por un lado, lo que confirma la asociación es un eje central dentro del siguiente trabajo de investigación, ya que la posibilidad de almacenar dentro de un mismo modelo 3d toda la información referida a un proyecto,

permitirá su análisis y gestión de varias actividades dentro de la organización, convirtiendo al proyecto en un producto más complejo y desarrollado, el cual facilitará las tareas de todos los agentes, mejorando así la gestión de la información. Lo que no contempla esta definición, y es un eje principal dentro de este trabajo de investigación, es la gestión del patrimonio arquitectónico mediante el BIM, ya que es de uso común en obra nueva y se relega su uso específico en edificios patrimoniales debido a la complejidad de la edificación y la falta de información para llevar a cabo una base de datos fiable.

Por otro lado, según Issa, R. y Olbina, S. (2015) el BIM se ha convertido en un área importante dentro de la industria del AEC (arquitectura, ingeniería y construcción), que ha trascendido todas las disciplinas. Los modelos generados mediante BIM están siendo utilizados para analizar y diseñar edificios e infraestructuras. La habilidad para integrar los datos de tiempo y coste con el proceso de análisis y diseño dentro del BIM, lo ha convertido en una herramienta muy utilizada dentro de la industria AEC. (Traducido por la autora, original en pág. 99)

Esta es otra manera de aproximación al concepto de BIM, pero no la más acertada y completa respecto al siguiente trabajo. Lo positivo a subrayar respecto a este concepto, es que debemos entenderlo como una

base de datos a nivel proyectual y de diseño pero que puede albergar datos de otra índole y disciplina, enriqueciendo al proyecto con variantes económicas y hasta de recursos humanos; en fin, ayudando en la futura toma de decisiones de cada etapa de proyecto.

La National BIM Standard (2021) argumenta que el BIM es un modelo de representación digital de las características físicas y funcionales de un inmueble. Al mismo tiempo, sirve como recurso de información sobre la edificación, el cual puede ser compartido y utilizado como base de datos para la toma de decisiones dentro de cada ciclo del proyecto. De ser implementado correctamente, la mayoría de la información que el usuario necesite sobre la edificación puede estar disponible digitalmente. Sin embargo, la industria de la construcción todavía no cuenta con los estándares e infraestructura necesarios para poder recolectar, organizar, distribuir y explotar la información. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Considerando la bibliografía estudiada, la última definición es la que engloba un enfoque más preciso y cercano a lo que se desarrollará a continuación. El hecho de lograr un compendio de información que pueda ser manipulado y analizado por varias partes, pero a que su vez pueda ser obtenido de manera digital y de fácil acceso, facilita la gestión de la

información, logrando canales de comunicación más sólidos entre los distintos componentes del proyecto. Pero esta definición alberga un punto conflictivo que se debe considerar, el cual se basa en la previa estandarización de objetivos y normas para lograr la extracción de información fiable y actualizada, para poder tomar decisiones respecto a los pasos a seguir. Sin tener en cuenta este punto tan importante, todo el trabajo que se realice será en vano, ya que la información que se extraiga no tendrá validez.

Respecto al origen e implantación del BIM, hay que enfatizar que se logró la institucionalización de la metodología por sus objetivos sólidos. Desde los comienzos de la construcción y de cualquier industria en general, se buscó lograr mejores productos, con mejores márgenes de costes y beneficios. Pero como ya es de común conocimiento, la industria de la construcción es una de las más antiguas, y a pesar de ello es la que se encuentra más retrasada respecto a la sistematización y optimización de los procesos de la misma.

Es por ello, que, a mediados de la década de 1970, se comienza a instaurar el BIM en el mercado de la construcción, hasta la actualidad donde se encuentra en la fase de implantación en las administraciones públicas. Por consiguiente, la insistencia en proponer protocolos de

automatización que ayuden a producir mejores proyectos. A continuación, se podrá visualizar una línea del tiempo para que se logre entender los hitos importantes de la materia y porque se expandió alrededor del mundo debido a los beneficios que ofrecía a la industria.

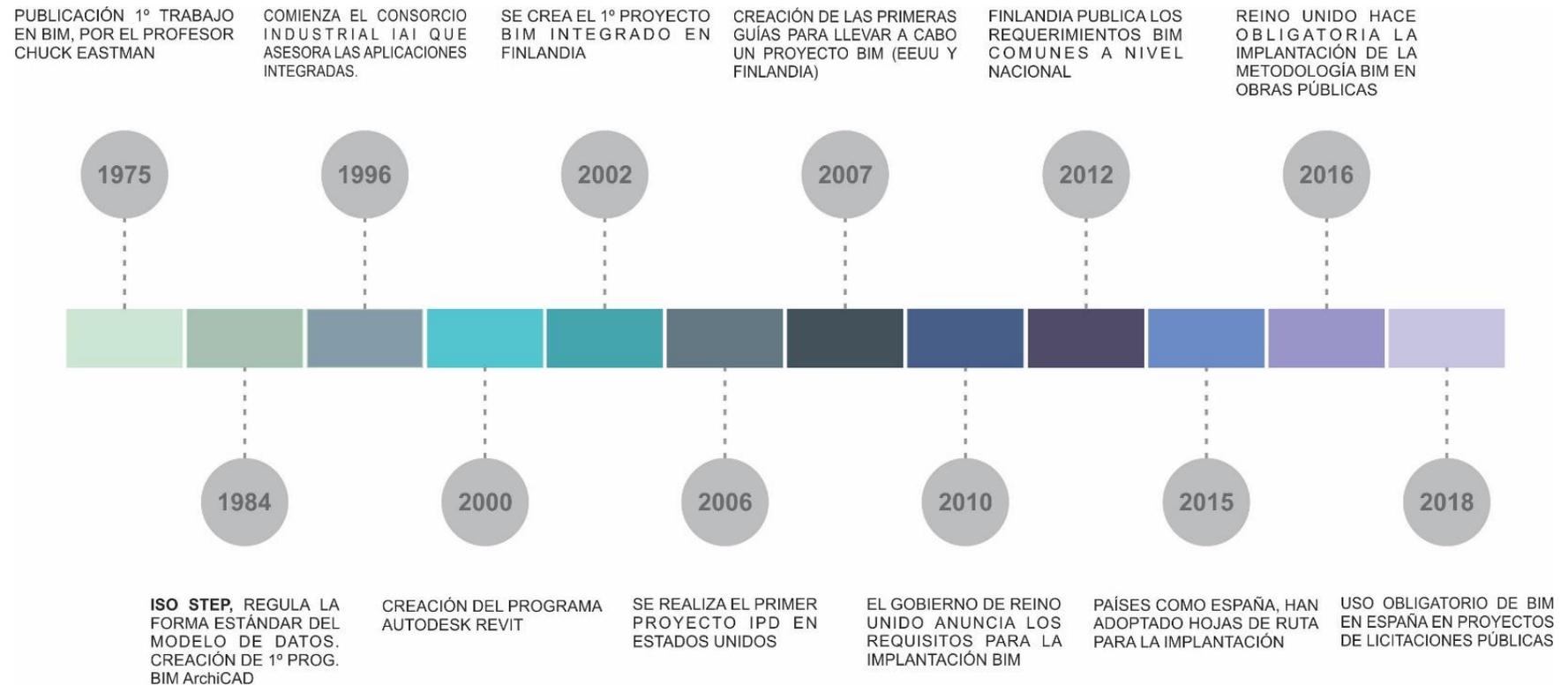


Ilustración 7 - Línea del tiempo de la implantación BIM alrededor del mundo. Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la línea de tiempo adjuntada, en los últimos años ha habido una necesidad constante por generar procesos automatizados dentro de la industria de la construcción que ayuden a mejorar los tiempos y costes de ejecución.

Mediante el uso y la divulgación de la metodología BIM, y el apoyo fundamental de las administraciones públicas para implantarlo y convertirlo en una herramienta obligatoria en las etapas de diseño y ejecución, la industria de la construcción puede llegar a catapultarse y lograr mejores resultados en sus productos. Más adelante, y a lo largo de todo el trabajo de investigación se podrá apreciar, como la metodología BIM puede ser una pieza clave para la etapa posterior a la ejecución, la gestión y mantenimiento de la edificación, una variante poco estudiada por el BIM como las anteriores, disciplina que poco a poco va ganando más ímpetu dentro de la metodología.

A su vez se debe tener en cuenta que, a través de la creación de parámetros y protocolos de actuación estipulados por las diferentes partes del proyecto, es que se llegará a un desarrollo más complejo y la información que se obtenga habrá pasado por varios filtros, convirtiéndola en más confiable, permitiendo así una mejor toma de decisiones.

2.2.2. Dimensiones del BIM

Como todo procedimiento dentro del BIM, es necesario contar con distintas fases de desarrollo de acuerdo con el ciclo de vida de la edificación, y para ello es necesario formar unos parámetros base. Una vez, entendido el concepto de BIM y cuán importante es a la hora de desarrollar un proyecto arquitectónico, nos adentramos en una concepción mencionada anteriormente, la estandarización de procesos, siendo en el caso del BIM, el proyecto de edificación.

Esto será de suma importancia, porque a la hora de desarrollar el alcance del proyecto, será necesario discernir las diferentes fases dentro de la concepción, construcción y gestión de un edificio. El compendio de todas ellas debería verse reflejado en la base de datos de cada edificación, para lograr así proyectos de mayor complejidad y que la información que se extraiga de ellos sea totalmente fidedigna.

Es por esta razón, que varios autores han procedido a intentar delimitar las dimensiones del BIM para lograr que, en cada etapa del proyecto, se logre la mejor gestión de la investigación, para llegar así a la obtención de mayores beneficios.

Tal como proclaman los autores Fernández, Ríos y Marreros (2016) el BIM busca integrar el beneficio humano y tecnológico para el beneficio de la comunicación, colaboración y coordinación dentro del proyecto, pues actúa como un lugar de trabajo en común para los involucrados en todo el ciclo de vida del proyecto.

Para lograr la gestión e integración del ciclo de vida de un proyecto, se delinearán 7 dimensiones del BIM, las cuales se mencionarán a continuación. Aunque se traten de conceptos de común conocimiento dentro de los entendidos del BIM, será necesario definirlos y clasificar nuestro proyecto, para proseguir con la investigación.

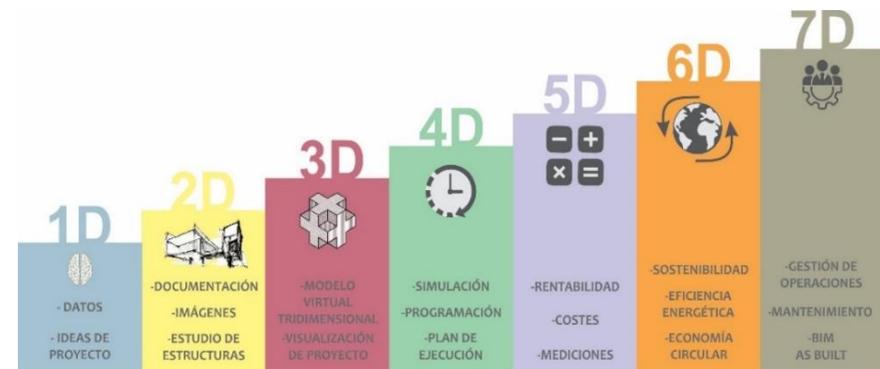


Ilustración 8 – Las 7 dimensiones del BIM. Fuente: Elaboración propia.

La 1D habla del proceso preconceptual y de ideación del proyecto, la 2D es el comienzo del proceso de documentación y boceto y la 3D hace referencia a la creación del modelo tridimensional. Respecto a la 4D, implica sobre los parámetros de planificación y programación mientras la 5D se refiere a la rentabilidad general del proyecto. Por último, la dimensión 6D habla del aspecto sostenible del proyecto y la 7D sobre la gestión del mantenimiento, o FM.

En el siguiente trabajo de investigación, se hará hincapié en la última dimensión ya que debido a la duplicidad de agentes que la componen suele ser inadvertida o poco desarrollada. Además, y por la multiplicidad de personas que contribuyen a ella, es que el proceso de documentación y actualización de la información se vuelve muy complejo y difícil de manejar.

Esta fase genera herramientas que permite dar seguimiento a las operaciones del proyecto, facilitando y mejorando el mantenimiento del edificio, en cuestión. Aunque suele considerarse como la fase de post ejecución, puede aplicarse en el transcurso del proceso para que luego al final simplifique la etapa de planificación y funcionamiento, y lleve a la mejora de flujos de trabajo entre las partes componentes.

Es verdad que, aunque secundario en este trabajo de investigación, pero aún así es mencionado, se desarrollarán tareas de la fase 2D y 3D para arribar al modelado de la edificación y que luego, sea aprovechado para las tareas de restauración de la edificación y la gestión del mantenimiento.

2.2.3. Beneficios de la implantación BIM

Una de las cualidades del BIM, que se estudiará en todo el desarrollo del trabajo, es la particularidad de la interoperabilidad, la cual es la capacidad de lograr que diferentes programas dentro de los softwares BIM permitan intercambiar información desde los mismos formatos de archivos y esto se puede realizar haciendo un seguimiento de los protocolos existentes, o generando nuevos.

Esta competencia intenta buscar la mejora en el flujo de trabajo, promoviendo el trabajo colaborativo y pretende la automatización dentro de los procesos, logrando así mejores proyectos.



Ilustración 9 – El ciclo de vida del proyecto y los agentes que intervienen en él. Fuente: EL BIM Y LA PMO EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓ de Álvarez y Bucero.

Pero para que el flujo de comunicaci3n y coordinaci3n entre los agentes se realiz3e correctamente, es necesario lograr la estandarizaci3n de los procesos, y como se puede apreciar en la web de la asociaci3n Building Smart Spain (2021), la metodología OpenBIM est3 basada en el uso de est3ndares abiertos, como el IFC, que sirve como formato de intercambio de datos entre agentes, procesos y aplicaciones, y que viene definido por la Norma ISO 16739:2013.

De esta manera puedes compartir la base de datos entre diferentes softwares, ofreciéndole a los agentes del proyecto mejores posibilidades para llevar a cabo el plan de acci3n, ya que no es necesario atarse a un solo software para realizar el trabajo. Este tipo de formato abierto permite entonces, el intercambio de datos entre diversos programas BIM sin desconfigurar la informaci3n, así fomentando los flujos de trabajo colaborativo.

Sin embargo, para poder realizar el intercambio de datos de manera correcta y confiable mediante estos procedimientos es necesario contar con controles de referencia, para así poder asegurar la calidad del proyecto arribando así a la estandarizaci3n de los procesos, y si es posible, la automatizaci3n de los mismos.

A su vez, mediante procedimientos como el IPD o BEP, operaciones creadas por las asociaciones e instituciones que promueven el uso de la metodología BIM, nos permitirá asegurar que todas las partes del proceso que están mediando, colaboren y cooperen con el mismo.

El hecho de poder delimitar hitos y responsabilidades dentro de un proyecto ayuda en la creación de flujos de trabajo y comunicación fiables y sólidas, que permitan resultados que sigan el alcance y los objetivos planteados por el equipo de trabajo.

Es por todo lo mencionado anteriormente, que se entiende que la metodología BIM se robustece al aplicar LEAN Construction, filosofía que se alberga en sistemas de gestión para perseguir la mejora constante, minimizando los costes y tiempos de entrega, asegurando así la mejor calidad del producto final. Ambas metodologías comienzan a utilizarse de manera conjunta ya que persiguen objetivos similares, es decir la búsqueda continua de creación de valor mediante procesos optimizados para los agentes intervinientes.

En fin, como constata Mussat (2019), aseguradora de arquitectos técnicos en España, BIM utiliza procesos fiables y eficaces para implementar, controlar y especificar y Lean proporciona los procedimientos más efectivos para una mejora constante, ofreciendo un

marco conceptual para poner en marcha modelos BIM. En síntesis, BIM permite automatizar los flujos y Lean optimizarlos.

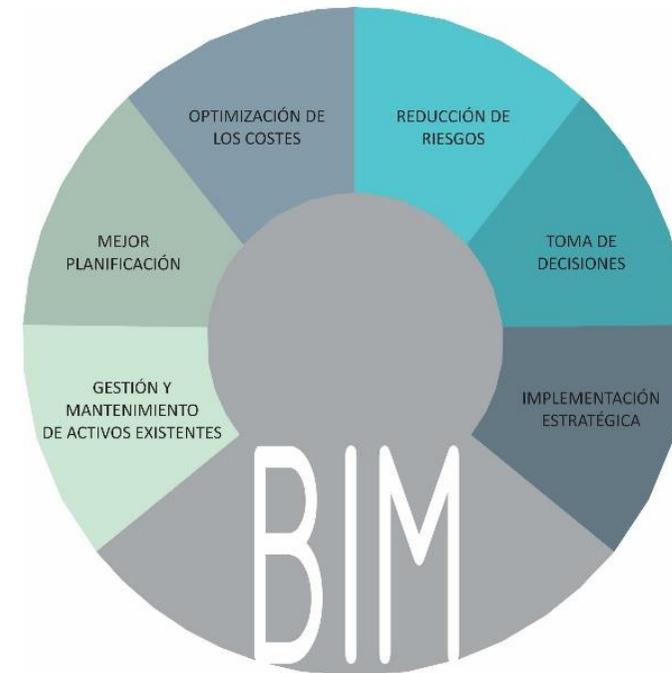


Ilustración 10 – Los beneficios del BIM respecto a la gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, como se puede apreciar en la ilustración nº 10 adjuntada, son numerosas las mejoras que pueden ser obtenidas por el uso y la implantación de BIM en la industria de la construcción, y mediante la constante búsqueda de traspaso de sistemas manuales a sistemas

mecánicos se consiguen lograr mejores resultados dentro de cada proyecto, evitando como comentamos anteriormente, el error humano.

Es por ello que es necesario implantarlo dentro de los proyectos arquitectónicos, ya que el valor que se puede acrecentar es significativo, y beneficia a todas las partes constituyentes. Es cierto que el trabajo de recolección de información y modelado al principio de las fases puede ser un poco más costoso ya que implica más tiempo invertido, pero los beneficios que se obtienen son mayores.

Por tanto, la importancia de crear parámetros de recolección de información y modelado, y de ser posible de cada actividad que se realice, para poder así en un futuro realizar proyectos de similares envergaduras en el menor tiempo posible, generando un margen de ganancia mayor.

3. Estado del Arte

3.1. FM: Facility Management

3.1.1. Definición y origen

El ciclo de vida de cualquier edificación, sin importar su tipología, tiene cuatro etapas: ideación y diseño, construcción, uso y demolición. La tercera fase, es decir la del uso, es aquella que estudiaremos y analizaremos en profundidad en este trabajo final. Esta misma es la razón y propósito por el cual se lleva a cabo el proyecto, pero en la mayoría de los casos no se la tiene en cuenta, a la hora de llevar a cabo el desarrollo de las fases anteriores.

Esto se puede deber a varias circunstancias, pero la más común es que las primeras dos etapas del proyecto (diseño y construcción) son llevadas a cabo por el mismo grupo de personas, y siendo habitual que cuando proseguimos a la etapa de uso, los agentes cambian y ya no hay tal interés por desarrollar pautas y protocolos de seguimiento desde un principio para gestionar el uso y funcionamiento de la edificación, ya que no serán

realizadas por el primer equipo en cuestión; además de que implica una carga de trabajo mayor.

Es por ello que se cree que el FM debería ser desarrollado desde el principio del proceso de diseño, ya que es el que va a permitir que se lleve a cabo de manera correcta y ordenada el funcionamiento de las instalaciones de la edificación, y que la comunicación entre las partes del proyecto sea lo más fluida posible. Otra de las razones por la que se debería tener en cuenta el FM desde la ideación del edificio, es porque se trata de la actividad primordial de la edificación, el motivo por el que se construye es para el uso y disfrute de quien lo habita. Por tanto, las tareas de esta disciplina deberían ser contempladas en etapas previas, ya que conforma la función principal de la edificación, el uso y disfrute de la misma.

Pero antes de proseguir, deberíamos dejar en claro que se entiende por FM, para luego proponer alternativas y mejoras a la herramienta, respecto a la gestión de proyectos. Según la International Facility Management Association (2019), el FM es la profesión que abarca múltiples disciplinas para asegurar la funcionalidad, confort, seguridad y eficiencia del entorno construido mediante la integración de personas, lugares, procesos y tecnologías. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Respecto a la definición anterior, se presenta a la disciplina como la herramienta que aglomera diversas actividades que permiten monitorizar y así resguardar las necesidades de los agentes actuantes del proceso, mejorando y preservando los objetivos principales de la disciplina, el uso y disfrute del edificio. Al abordarlo como una disciplina integradora de procesos y sobre todo de gestión de factores humanos, se la debe entender como tarea necesaria para llevar a cabo la mejor gestión del funcionamiento de una edificación, albergando las necesidades de todos sus componentes. Por tanto, con relación a la cita mencionada, se la entiende como la disciplina capaz de lograr la mejor habitabilidad dentro de los espacios proyectados, contemplando las necesidades de todos los agentes que intervienen.

Por otro lado, el British Institute of Facilities Management (BIFM) lo define brevemente como la práctica que se encarga de coordinar el lugar de trabajo físico con las personas y el trabajo de la organización. (Cita extraída del libro Total Facilities Management, traducido por la autora, original desde pág. 99)

Aunque se trata de un enunciado un tanto escueto, manifiesta el valor fundamental de la materia, en donde se intenta entablar flujos sólidos de

comunicación entre los factores humanos de la organización para poder gestionar correctamente el material inmueble.

Mientras tanto, Atkins, B. y Brooks, A. (2000) entienden al FM como una aproximación que intenta integrar las actividades de operación, mantenimiento, mejora y adaptación de las edificaciones e infraestructuras de una organización para lograr crear un entorno que fomente los objetivos principales de dicha organización. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

En otras palabras, busca gestionar de manera optimizada la infraestructura material de una entidad/ empresa mediante estrategias similares a un plan de negocios. Al mismo tiempo, la hipótesis plantea la creación de objetivos diseñados en busca de beneficios para la organización, los cuales deben ser exacerbados y explotados por el FM. Los autores, Atkins, B. y Brooks, A. (2000) comentan que para lograr estos objetivos es necesario plantearse estrategias que se apeguen no solo a las necesidades de los agentes, sino también a los objetivos planteados por las organizaciones que lo componen.

Al mismo tiempo, en el libro Total Facilities Management, los autores comentan la diversidad de los trabajos que pueden estar comprendidos dentro de la rama del FM, tal es el caso de la gestión inmobiliaria, gestión

financiera, gestión del cambio, gestión de recursos humanos, y también la gestión de la edificación, conteniendo específicamente los servicios domésticos y el suministro de utilidades del edificio. En relación a este apartado, comentar que se focalizará en la gestión de la edificación, pero se intentará desarrollar el resto, intentando llegar a resultados más complejos y que beneficien el producto final de la organización, el uso y disfrute del inmueble.

Adentrándonos en las aplicaciones y en la posible implantación del FM en el mundo BIM y de la construcción, queda claro que se trata de una disciplina que se desarrolla desde que el edificio se ha concluido y es necesario gestionar todos sus componentes, pero que debería estar contemplada en los inicios del proyecto, para que una vez que se arribe a la etapa en cuestión, varios procesos se hayan tenido en cuenta y la gestión de los mismos se lleve a cabo fácilmente.

Esto también ayudará a la pieza clave de ambas disciplinas, como nexo de comunicación entre las partes que lo componen, mediante un sistema que funcione como fuente de información confiable y que, con el análisis de la misma permita tomar decisiones con fundamentos fiables. Este punto se revisará más adelante, cuando se analicen los beneficios y las problemáticas de utilizar el BIM dentro del Facility Management.

Se debe tener en cuenta que la problemática de este trabajo de investigación se centra en edificios patrimoniales, por tanto, el protocolo para este particular deberá variar para cumplir con las características distintivas del mismo, siendo la falta de información respecto del mismo la mayor problemática.

Es preciso entonces, comprender cómo se origina esta disciplina y los pasos que llevaron a que se implante como profesión estandarizada y formada, para luego poder analizar e intentar obtener protocolos de mejoras en los proyectos. A pesar de que su implantación es relativamente reciente, el uso del FM en el mundo de la construcción sin la estandarización de procesos y el nombre por cómo se lo conoce ahora, lleva ya un tiempo desarrollándose en el mercado.

LA INTRODUCCIÓN DE LOS CUBÍCULOS Y ORDENADORES CATAPULTAN LOS INICIOS DE LA ERA DEL FACILITY MANAGEMENT

LA NATIONAL FACILITY MANAGEMENT (NFMA) DELIMITAN LA CONSTITUCIÓN Y ESTATUTOS DE LA SOCIEDAD

IFMA REALIZA SU 1º DECLARACIÓN DE FM PARA AYUDAR A DEFINIR LA PROFESIÓN

IFMA LANZA LOS 1º ESTANDARES DE FM MEDIANTE PROGRAMAS PROFESIONALES

EN LA ULTIMA DÉCADA, IFMA HA CONTINUADO DIVULGANDO EL FM, GENERANDO MÁS ESTÁNDARES Y DOCUMENTOS INFORMATIVOS

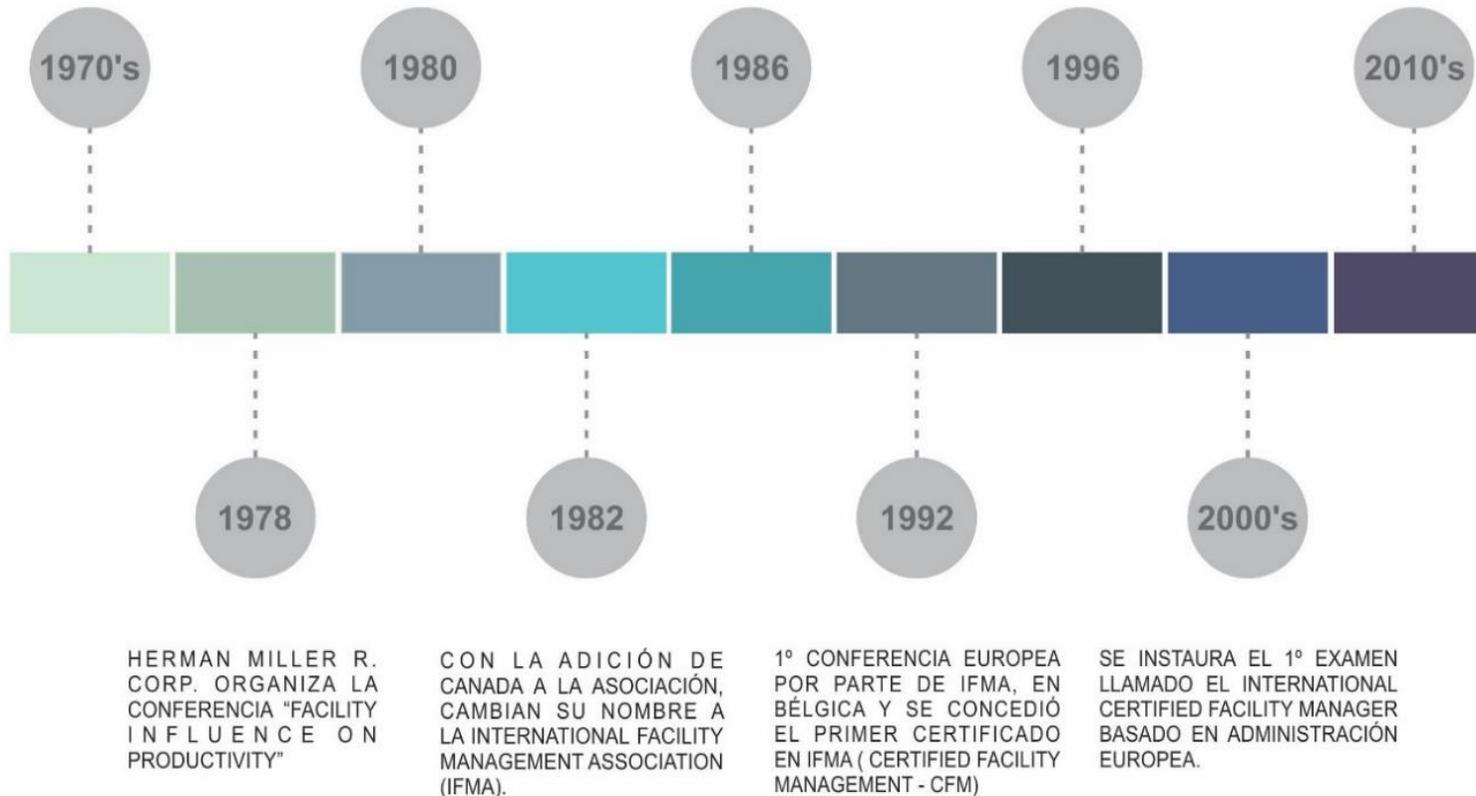


Ilustración 11 – Línea del tiempo de implantación del FM y divulgación por parte del IFMA. Fuente: elaboración propia.

Según los autores Rondeau, E.; Brown, R. & Lapidés (2006) a principios de los años 1970, la inflación en EEUU se convirtió en un tema problemático. El embargo a la gasolina ocasionó que la misma escaseara, lo que llevó a un dramático incremento en el coste de los materiales y la financiación de todos los esfuerzos. Por tanto, los fondos de capital y las provisiones comenzaron a faltar, y con la desregularización de los monopolios y la regularización de los servicios esenciales, llevaron a las grandes empresas a intentar competir de manera más efectiva y eficiente en el mercado. La creciente competencia con empresas extranjeras, llevo al mercado estadounidense a reaccionar de manera positiva mediante la innovación y las soluciones alternativas prosperaron. El ineficiente proceso de la manufactura, los ambientes de trabajo poco productivos y la creciente demanda y expectativa de los trabajadores llevó a los gerentes a buscar alternativas, a planear a largo plazo, a trabajar inteligentemente, a ser más productivo y convertirse en más competitivo. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Es aquí donde comienza a prosperar el FM como profesión, luego trasladándose del sector industrial al área de la construcción, como ocurre con todos los procesos de industrialización. En el campo de la construcción y el real state, desde mediados del siglo pasado, se intentaba llevar de

manera más organizada la gestión y mantenimiento de las edificaciones, pero como se puede apreciar en la línea del tiempo, no es hasta la aparición de los ordenadores donde se comienza a instaurar y a analizar la disciplina. Con la creación del IFMA, Asociación Internacional de Facility Management, se comienza a definir los límites del FM, y a generar estándares para la automatización de los procesos.

Con las directrices del FM en proceso de implantación, el creciente fomento por parte de las administraciones públicas a la hora de solicitar proyectos que se lleven a cabo con la metodología BIM, beneficiará las mejoras dentro del FM, lo que permitirá en un futuro, que se implementen sistemas que se basen en procesos, y no en personas. Esto es una pieza clave ya que permitirá que la información se encuentre siempre coordinada y actualizada, falencia que suele ocurrir continuamente en los proyectos arquitectónicos; y lograr que la misma no dependa de un grupo de personas, los cuales pueden ser reemplazados o fallar.

Pero para los autores Atkins B. y Brooks, A. (2000) lo más importante para lograr que la gestión de la edificación sea exitosa, no es tanto en sí la comunicación entre las partes, como es el tener en cuenta el valor del dinero. Para ello es necesario que el personal encargado de tomar las decisiones respecto a la gestión cuente con una base de datos confiables

que le ayude a tomar las mejores conclusiones, teniendo siempre en cuenta el rendimiento de la organización y sus componentes.

Consiguientemente, el aporte de valor a la organización se verá reflejado entonces, en la aportación de valor económico o de margen, y esto se logrará mediante la mejora de los ingresos y reduciendo los gastos de la organización, es decir la mejora de los procesos que se desarrollan dentro de la empresa. Esto se puede lograr con la implantación de nuevas tecnologías que colaboren en la simplificación o automatización de procesos, asignando eficientemente los recursos de la organización y analizando cómo lograr un producto de la mayor calidad posible, siempre buscando alcanzar la satisfacción del cliente/ usuario. Por tanto, es necesario establecer estrategias de desarrollo del FM, para lograr cumplir con los objetivos principales de la organización.

Según los autores Atkins B. y Brooks, A. (2000) las organizaciones deben seguir tres etapas para producir estrategias eficaces para la gestión de la edificación:

- La etapa del análisis comprende todos los hechos relevantes que incluyen entre ellos los objetivos de la organización, las necesidades y sus políticas, los recursos de la misma siempre contemplando el espacio, la función y su uso.

- La etapa de la solución reúne los criterios para examinar las opciones y evaluarlas respecto a los objetivos planteados, para así poder desarrollar la estrategia de FM más idónea al proyecto.
- La etapa de implantación completa el proceso de desarrollo de la estrategia, estableciendo un plan de implantación que incorpore elementos clave para la obtención de resultados positivos, capacitación, y sobre todo, la comunicación. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Después de plantearse estas diferentes etapas, e implantada la estrategia de FM en el proyecto, se deben arribar a conclusiones e intentar dilucidar cuales podrían ser las mejoras para realizar en un futuro. Es por ello que es necesario seguir los siguientes pasos para abordar el FM dentro del proyecto arquitectónico.

En primer lugar, se deberá generar un inventario de lo existente en la edificación para comprender con qué recursos contamos y los objetivos que se desean lograr. Una vez realizado este paso, se deberán especificar las actividades existentes dentro de la organización para luego seleccionar cuales de ellas aportan más valor a la misma. Luego se procederá a contratar o seleccionar el personal encargado para llevar las actividades a cargo, siendo el facility manager, el gerente a cargo de velar por las

necesidades de todos los componentes dentro de la organización. Por último, se instará a evaluar si las decisiones que se han tomado han sido efectivas y han generado valor, para así poder cambiar los componentes que fallan. Este proceso se deberá realizar asiduamente ya que las necesidades u objetivos de la organización pueden fluctuar, es por ello que debe ser uno de los objetivos la automatización de procesos para lograr reducir los tiempos invertidos, por tanto, los costes de la organización.

Otro punto importante dentro del FM es la posibilidad de generar sistemas de controles y monitoreo del trabajo realizado. Tal como comenta Magee, G.H (1998) el principal objetivo de mantener un seguimiento del trabajo realizado debería ser, utilizar un método formal que permita monitorear el estado de los costes y el progreso del trabajo de todas las tareas de mantenimiento planeadas, y las no planeadas también, y de su consecuente reparación. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Por tanto, es importante mantener un control exhaustivo de las tareas por realizar, en proceso y las concluidas, y de los recursos con los que se cuentan dentro de la organización para continuar con su desarrollo. Los sistemas de recolección de información pueden ser variados, pero hasta las acciones más simples pueden funcionar para llevar a cabo el seguimiento de las tareas. Desde listados de verificación para corroborar que se ha

completado una tarea de manera correcta, a la confirmación verbal entre supervisores o gerentes, incluso la consulta a los usuarios de la edificación, pueden servir a la hora de gestionar y comprobar el estado de las instalaciones de un inmueble.

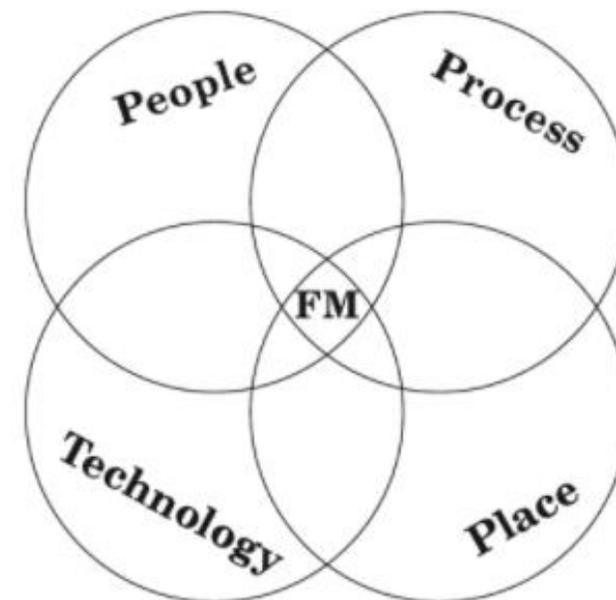


Ilustración 12 – People, process, technology and place.

Fuente: Facility Management por Rondeau, E.; Brown, R. & Lapidés. P (2006)

En resumen, y como se puede apreciar en la ilustración 12, es el trabajo del FM y más específicamente del Facility Manager gestionar las cuatro variantes: el lugar o inmueble en este caso, la tecnología, los procesos, y el más importante, las personas que conforman la organización. Es integrando las nociones principales de administración de empresas, arquitectura, recursos humanos e ingeniería, que se lograría coordinar exitosamente la organización en cuestión. La misión principal radica en la satisfacción y el disfrute de los usuarios de la edificación, algo que siempre debe tener presente el Facility Manager a la hora de operar y gestionar. Pero para poder lograrlo de manera exitosa, deberá valerse de toda la información posible existente sobre la edificación, para poder realizar decisiones certeras que ayuden a cumplir los objetivos planteados.

Una vez desarrollado y definido el concepto de FM, inmediatamente, se procederá a evaluar los aportes que le puede brindar el mismo a la gestión de proyectos arquitectónicos, para luego exacerbarlos y desarrollarlos en la propuesta a realizar en el siguiente trabajo de investigación, siempre focalizándonos en la problemática principal de la rehabilitación de edificios patrimoniales.

3.1.2. Beneficios en la implantación de FM

Expuesto que el objetivo principal de la organización encargada de gestionar una edificación es que el usuario haga uso y disfrute de la misma, dicha edificación debe ser administrada buscando el rendimiento óptimo de la misma. Por tanto, se observa que para que una organización sea exitosa, el aspecto monetario siempre tiene que ser positivo, pero velando siempre por las personas que la componen.

Según explica Collado, V.; Montoya, G. y Sanz, J. (2019) en la teoría de Harry E. Cook existen dos valores dentro de cada producto o servicio. El valor desde el punto de vista de la empresa y el valor desde el punto de vista del cliente. Teniendo en cuenta esta doble interpretación del valor, el valor añadido de un producto o servicio para el vendedor será la diferencia entre el precio obtenido y su coste. Cook argumenta también que la metodología para mejorar el valor añadido se puede agrupar en dos estrategias, la reducción de costes y el aumento del valor. Esto se logra estudiando a fondo las actividades que deben ser realizadas para lograr el ahorro en los gastos asociadas a las mismas y, por otro lado, conociendo las necesidades del cliente e innovando en estrategias que cumplan satisfactoriamente con lo que el usuario precisa. Entonces es posible

concebir que el objetivo principal del FM radica en el concepto calidad-precio, ya que se quiere lograr la satisfacción de los clientes, ofreciéndole el mejor producto, pero de la manera más económica posible.

Entendido el objetivo principal del FM, y el beneficio central, se examinarán a continuación más beneficios que puede aportar la disciplina a la gestión de proyectos arquitectónicos. Tal como se mencionó anteriormente, y lo deja claro la bibliografía estudiada, a partir de un control exhaustivo de los costes de la organización y planificación de las actividades de mantenimiento pactadas a monitorear y evaluar, se podrá llevar a cabo una gestión del mantenimiento de un edificio de manera exitosa.

Se entiende entonces que el seguimiento por parte de varios encargados, profesionales en su área, garantiza el funcionamiento adecuado de las instalaciones, logrando así la satisfacción del usuario, pieza clave dentro de la metodología del FM. Pero esto no es lo único en lo que se beneficia, ya que la revisión periódica de las instalaciones y la coordinación cíclica entre las diferentes partes que componen el conjunto implica un ahorro en tiempo y costes para la organización, sin mencionar la optimización de los espacios y proyectos para lograr así un servicio más

próspero. De esta manera, con la obtención de procesos rentables, vuelve las tareas de los intervinientes, en trabajos más sencillos.

Otro punto a favor es que permite una rápida resolución en caso de avería de algún componente, sin mencionar que se cuenta con una guía de uso de cómo actuar en caso de que algo falle, contando con un listado de las personas encargadas de componerlo nuevamente. Como se ha mencionado anteriormente, otra facilidad que aporta la implantación del FM en una edificación es que permite que todos los agentes que forman parte de la organización tengan constancia de lo que está ocurriendo, y quien es el encargado de llevar a cabo cada tarea en particular. Esto ayuda a que las personas involucradas en el proceso se responsabilicen aun más de las tareas que deben realizar, logrando así mejores resultados.

Pero es muy común no saber cómo abordar la problemática de mejorar la variante calidad- precio dentro de la propia organización, ya que es complicado analizar la situación. El libro “Valor añadido de Facility Management” (2019) explica que es necesario establecer los procesos que se deben llevar a cabo para desarrollar las actividades de la organización, y una vez que decidimos quienes serán los encargados de realizarlas, se procederá a definir unos indicadores, los cuales ayudaran a verificar que se están realizando las tareas de una manera óptima y eficaz.

Los autores Collado, V.; Montoya, G. y Sanz, J. (2019) nombran los siguientes indicadores, de volumen, eficacia, eficiencia y de calidad, aunque explican que pueden existir muchos más, pero que mediante estas variables es posible dilucidar si se están cubriendo las necesidades de los usuarios de la manera más eficiente y menos costosa.

En el libro previamente mencionado, los autores revelan que es necesario definir cuáles serán los indicadores por controlar para verificar si se están cumpliendo los objetivos planteados, pero que para ello debemos estudiar a fondo la organización a la que vamos a intervenir, ya que no se pueden crear KPI (Indicadores clave de gestión o rendimiento) genéricos para luego aplicarlo en diferentes organizaciones, sino elegirlos acordes a lo que se busca intervenir.

Es por ello que plantean apoyarse en la metodología del Cuadro de Mando Integral o Balance Scorecard, el cual se trata de un instrumento para llevar a cabo la planificación y dirección de una organización mediante la unión de estrategias y objetivos con metas e indicadores; desarrollado por Robert Kaplan y David Norton en 1992 y en conceptos definidos en las normas UNE EN ISO 41001.

Tal como se puede apreciar en la imagen 13, se debe tener en claro las necesidades de la organización a intervenir para así lograr definir los servicios de FM que se deben controlar y cuáles son los protocolos a seguir para poder conseguirlos.

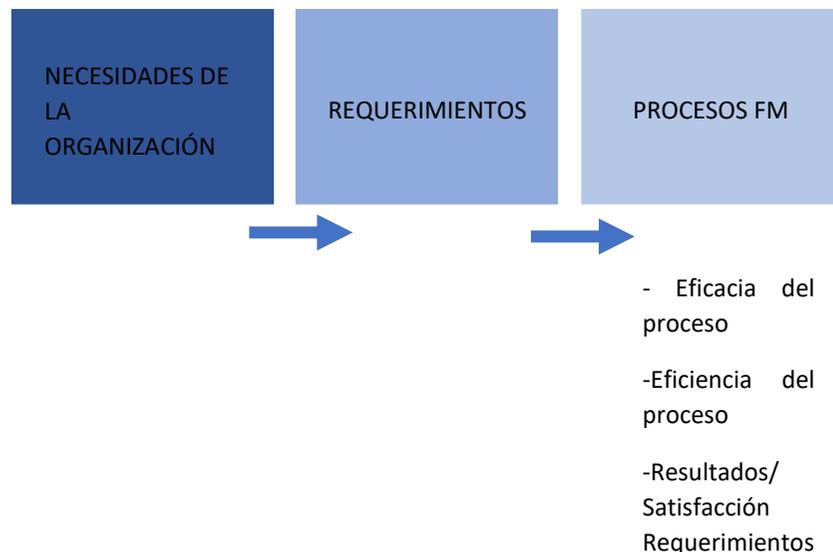


Ilustración 13 – De las necesidades de la organización a los indicadores

Fuente: Valor añadido de Facility Management de Collado, V.; Montoya, G. y Sanz, J. (2019)

Por tanto, es necesario conocer los recursos con los que contamos para “... desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión estándar para mejorar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.” (Collado, V.; Montoya, G. y Sanz, J., 2019)

En otras palabras, el proceso del FM en una edificación es cíclico y para lograr llegar al objetivo de satisfacción al cliente, es necesario realizar tareas de planificación, actuación, verificación y mejora, para lograr los mejores resultados posibles respecto a la variable calidad-precio. Esto nos ayudará a tener una visión a largo plazo que implique ya valorar previamente los posibles cambios que la organización puede llegar a afrontar en el futuro y como estos afectarían al FM de dicha organización; por tanto, se deberían plantear protocolos de acción para aquellos posibles cambios a ocurrir, comúnmente conocidos como protocolos de gestión del cambio.

Este último concepto se podría ver como una dificultad, pero al ser precavidos y tener en cuenta los posibles cambios que puedan existir, el Facility Manager se evitará grandes problemas, por ende, habrá reducción de costes en el presupuesto de gestión y mantenimiento, y a su vez, le facilitará en la toma de decisiones.

3.1.3. Dificultades en la implantación de FM

En lo que concierne a la implantación del FM en una edificación, es necesario también prever las dificultades que puede afrontar la organización, como se mencionó anteriormente. Ya sea un inmueble pequeño o uno grande, la disciplina del FM aglomera varios agentes, por tanto, uno de los primeros conflictos para tener en cuenta es la interferencia de los intereses de los participantes de la organización. Es por ello que es de suma importancia, desde un comienzo, establecer los objetivos principales de la organización e intentar velar por los intereses de todos sus colaboradores, siendo el cliente el más importante de ellos.

La matriz de responsabilidades, pieza clave en la gestión de proyectos, podría ser de gran ayuda ya que permite estipular de manera clara las tareas a realizar y asignar responsables a cada una de ellas. Una vez realizada, acordada y aceptada, es más improbable que haya conflicto entre los intereses de los agentes, ya que se acordó previamente, antes de iniciar las tareas.

Por otro lado, siguiendo la línea de la relación entre los agentes, otro problema que puede ocurrir dentro de la organización del FM, es la mala comunicación entre las partes. Esto podría ocasionar que las tareas de

mantenimiento no se realicen como se había acordado, lo que llevaría a una pérdida de tiempo y dinero, sin mencionar que el objetivo del FM de complacer al cliente, no se cumpliría. Sería una de las tareas del Facility manager de gestionar una plataforma de comunicación, la cual permita acordar aquellas tareas que sean correlativas y que cuando algún componente falle y se dé aviso al encargado de repararlo, el resto de la organización sea notificada. Para ello será necesario implementar como se mencionó anteriormente, un sistema de controles e indicadores que le permita al Facility Manager identificar estos fallos, notificar al encargado y decidir qué hacer al respecto.

Continuando con la variante del personal de la organización, la implantación del FM puede fallar si es administrada de manera incorrecta o si los profesionales designados para cada tarea son inadecuados. Es la tarea del Facility Manager también, gestionar los recursos de la empresa para contratar personal que sea capaz de mantener o reparar el inmueble en cuestión. Será el trabajo del Facility Manager de lograr que el personal de la organización continúe aprendiendo y formándose, para lograr los objetivos marcados y mejorar sus competencias. Mediante los sistemas de control y el monitoreo de cada actividad, se efectuarán las metas propuestas, aunque se debe entender desde un principio que se debe

mantener una cultura de mejora continua, con controles periódicos de rendimiento.

Otra razón que puede provocar dificultades a la hora de implementar el FM en una organización sería, la de focalizar los recursos y presupuesto del mantenimiento en actividades que realmente no le aporten valor a la organización, evitando así que se puedan reducir los costes significativamente.

A su vez, esto podría entorpecer la administración de los factores de riesgo que podrían afectar a la entidad, es por ello que el Facility Manager debe evaluar cuales son las actividades que no generan valor para la empresa, e intentar minimizarlas, mientras que intentan contraatacar los aspectos desfavorables de la entidad para que no se repitan.

Por último, y quizás una de las más importantes dificultades que debe afrontar un Facility Manager a la hora de gestionar un inmueble, es que la información que se le ha concedido sobre el edificio no es correcta o no está actualizada. También es común la pérdida de información del edificio, debido a un mal almacenamiento de la misma.

Es por ello, que es de suma importancia prever y planificar la implantación de FM en las primeras etapas de diseño y ejecución, y

continuar alimentando la base de datos en todo el proceso de vida de la edificación. Esto ayudará en un futuro también, en la toma de decisiones y en la transferencia de conocimientos de una persona a otra, reforzando el concepto de implantar sistemas que se basen en procesos, no en personas.

Es aquí donde radica el mayor problema del Facility Manager a la hora de gestionar el mantenimiento y rehabilitación de un edificio patrimonial en decadencia, la falta de información sobre la edificación. Los procesos de automatización y de monitoreo serán más complejos al comienzo, pero una vez se hayan instaurados en la organización, harán que los procesos de la misma sean mucho más fluidos y con menores errores, reduciéndole así costes a la entidad.

3.1.4. FM y BIM

Aunque se trate de dos disciplinas que pueden trabajar una sin la otra, muchos argumentan que aglomerar las dos disciplinas en un proyecto arquitectónico, solo puede brindar beneficios. Pero muchos profesionales replican que el BIM es más productivo a la hora de utilizarlo en la fase preliminar del FM para recaudar toda la información disponible sobre el edificio y que lo más conveniente es aplicar una plataforma computarizada de monitoreo y mantenimiento, conocida como CMMS (computerized maintenance management system o gestión de mantenimiento asistido por computadora), por tanto, se convierte así el BIM en un componente obsoleto en la fase de operaciones.

Según comenta Louise Sabol (2013), el BIM ha sido utilizado de diversas formas en diseño y en la construcción. Pero la implementación del BIM para su uso en FM es más compleja y menos directa que en AEC y MEP. No existe una práctica institucionalizada del uso de BIM en el sector del FM; y esto se debe también a que el uso de cualquier software, incluyendo aquellos dentro del BIM, varían dependiendo de la misión de la organización y de los requerimientos de la infraestructura de la edificación. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Es por esta razón que los Facility Managers se encuentran continuamente en la búsqueda de la estandarización y la mejora de la información disponible, para que sea más sencillo llevar a cabo las decisiones operativas del día a día. Es de suma importancia para ellos encontrar un software que permita gestionar las actividades particulares de cada organización; por tanto, el nivel de desarrollo del modelado realizado debe ser acorde a lo requerido por las particularidades de la edificación.



Ilustración 14 – Representación de cómo cambia el uso de los gráficos y los datos atribuidos en las distintas fases del ciclo de la edificación. Fuente: BIM for FACILITY MANAGERS de Teicholz, P. (2013)

Es necesario que el detalle del modelado vaya fluctuando de acuerdo con la etapa en la que se encuentra la edificación. Como se puede observar

en la ilustración 14, el nivel de desarrollo de gráficos del modelado en la etapa de diseño preliminar debe ser mayor, mientras que la información cuantificada quizás no es tan importante, ya que es necesario visualizar en primer lugar la idea, las formas y los espacios. Seguidamente, en la etapa de construcción comienzan a aparecer más datos atribuidos a las formas y a los espacios que hemos conformado; esto se debe a que comienzan a aparecer la estimación de costes para realizar la obra, la coordinación de las partes y aparecen elementos importantes, como la estructura y las instalaciones, es decir, se comienza a pensar en la constructibilidad del proyecto. Y, por último, en la etapa de O&M, cuando todo el equipamiento se ha instalado y los sistemas han sido comprobados, se necesita de los datos específicos de cada componente del sistema, porque en caso de una avería se debe localizar rápido donde ha ocurrido y a quien se necesita para repararlo. Es por ello, que el modelado para esta etapa se convierte en algo más superfluo, cobrando mayor entidad la información con la que se dota al mismo.

Como se comentó anteriormente y lo rectifica Teicholz P. (2013), considerando la extensa documentación de información que es necesaria para llevar a cabo el mantenimiento y operaciones de manera efectiva de las edificaciones, queda claro que es preciso la búsqueda de diferentes

maneras de recolectar, acceder y actualizar la información. Para solucionar entonces los problemas más comunes en el FM, se deberá generar una integración de sistemas de datos durante el ciclo de vida de la edificación. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Pero claramente no es posible albergar toda la información recaudada de una edificación en una sola base de datos, es por ello que es necesario encontrar la interoperabilidad entre los sistemas que se utilizaran para llevar a cabo las tareas de FM. Existen varios enfoques de cómo abordar la interoperabilidad, para poder lograr así que el flujo de información llegue a todos los agentes, tal es el caso de la utilización de estándares abiertos conocidos como COBie, los cuales pueden integrarse directamente con sistemas específicos de BIM, CAFM y CMMS.

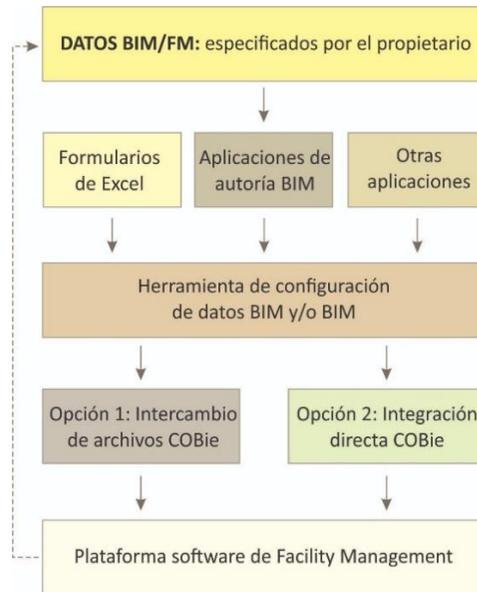


Ilustración 15 – Recorrido alternativo de la información para integrar el BIM con el FM. Fuente: BIM for FACILITY MANAGERS de Teicholz, P. (2013)

Los beneficios que se pueden obtener, en el ciclo de vida de una edificación, con el uso de BIM en FM podrían ser muy significativos, y podrían incluir desde mejoras en la productividad de los trabajadores, debido a la facilidad y la disponibilidad de la información para actuar respecto a una avería o problema.

También podría reducir el coste de los servicios básicos (agua y electricidad) de la edificación, debido a que los datos de mantenimiento

permiten respaldar una mejor planificación y generar procedimientos de mantenimiento preventivo. Permitirá a su vez, que se reduzcan los fallos en los equipamientos, ya que se habrá previsto una gestión de las emergencias, mejorando así la habitabilidad de los usuarios.

En resumen, tal como dice el director de la empresa Design + Construction Strategies, Louise Sabol (2013), las ventajas de BIM para FM que se pueden aportar a la gestión de la edificación son las siguientes:

- Creación de una base de datos unificada, que proporciona un manual del propietario del edificio.
- Sirve como un soporte eficaz para el análisis, particularmente para iniciativas sostenibles.
- Modelado de la edificación, equipamiento y mobiliario, que permita tomar decisiones basadas en información confiable.
- Cumple la función de soporte para la gestión de emergencias y el planteo de escenarios de sistemas de planificación y de seguridad.

(Traducido por la autora, original desde pág. 99)

La clave del modelado BIM para el FM es recolectar y extraer información de una base de datos de manera óptima y sencilla, para facilitar y fundamentar las decisiones del día a día, en el mantenimiento de

una edificación. Tal como opinan los autores del artículo “Optimización del Facility Management a través de la implementación de BIM”, García Vilas, V. y Cos-Gayón López F., es necesario concretar una noción directa entre BIM y FM, ya que como consideran los escritores de este artículo, “FM requiere de una gran cantidad de información que proviene de varias fuentes y debe ser procesada en poco tiempo”. Es aquí donde la aplicación del BIM en esta metodología aporta mejoras de gran significancia.

Lo que plantean los autores respecto a la simbiosis del BIM con el FM, es que en la actualidad se utiliza el BIM desde la ideación y concepción del proyecto, culminando en el fin del ciclo de vida de la edificación, pero que esto no se aplica en edificios existentes debido a ideas erróneas acerca de la dificultad que conlleva el modelado parametrizado en 3d, lo cual implicaría aplicar las mejoras en FM dado al tiempo que habría que invertir. Esto se maximizaría en el caso del trabajo de investigación actual, ya que al implicar una edificación patrimonial se tendrán en cuenta a su vez, aspectos del índole significativo y cultural.

Respecto al concepto específico del BIM, García Vilas y Cos-Gayón López comentan cómo la falta de desarrollo de modelados as built a través de metodologías BIM y el poco progreso investigativo del mismo puede ser

debido a la dificultad propia y a que los escasos casos positivos suelen ser circunstanciales y, sobre todo, irreproducibles.

A pesar de lo expuesto anteriormente, creemos que la conjugación de ambas metodologías deben ser estudiadas, ya que de ser realizadas y detalladas correctamente, pueden otorgarle muchos beneficios y mejoras a la gestión del mantenimiento de la edificación en cuestión.

A continuación, como se puede observar en la ilustración 16, se puede ver el proceso de implantación del BIM en la gestión del mantenimiento. Se puede apreciar que todos los pasos de la organización forman parte de un ciclo, por tanto, el BIM debe ser una herramienta que constantemente alimente al FM para que este pueda realizar decisiones acertadas y se logren mejoras cuantificables en el proceso.



Ilustración 16 – Enfoque de la metodología BIM en el Facility Management. Fuente: Elaboración propia.

FM y el patrimonio

Con la aparición del concepto de conservación de patrimonio, el cual será revisado más adelante, se necesitaba a su vez configurar y establecer la noción de gestión y mantenimiento del patrimonio, eje central del trabajo de investigación.

La gestión de patrimonio cultural se encuentra pasando por un proceso de cambios, donde el enfoque ya no se encuentra en la gestión integral del inmueble, pero sí en el significado cultural que el mismo transmite, ya sea en sus valores y atributos, o en lo tangible o intangible; en fin, todo aquello que ha llevado a que estos inmuebles se consideren como algo extraordinario y que por tanto se los ha nombrado patrimonio cultural. Es el trabajo de los gestores del patrimonio cultural asegurarse que las prácticas y acciones de gestión que sigan sean adecuadas para el patrimonio particular, y si no lo son, deberían revisarlas y mejorarlas para que la protección y conservación del mismo sea exitosa. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Será el Facility Manager de estos inmuebles patrimoniales el encargado de gestionar la documentación disponible del mismo, los agentes que intervienen en su mantenimiento, y el patrimonio en sí. Su tarea principal

será enfocarse en lograr un sistema que pueda ser utilizado por cualquier agente, y que este le permita tomar decisiones de valor patrimonial. Esto no sólo ayudará a llevar una gestión de protección y prevención óptima, sino que también permitirá que se divulgue la misma, así entrando el factor turismo a la acción de conservación del mismo.

Este último punto es un tanto complicado, ya que el factor turismo implica dos cosas. Por un lado, que la edificación se dé a conocer a la comunidad que la ha instaurado como patrimonio, ofreciéndole así la posibilidad de recaudar dinero para su mantenimiento; pero al mismo tiempo, son los propios turistas, junto a las visitas que realizan, que pueden degradar el patrimonio que se intenta proteger. Por tanto, es necesario analizarlo desde estas dos premisas que se contraponen, e intentar buscar actividades resolutorias que aminoren las situaciones negativas.

Pero es cierto que no solo pueden verse en actividades de entretenimiento y de enseñanza, ya que existen otros usos que se le puede otorgar a la rehabilitación y mantenimiento del patrimonio. Es por eso que será necesario analizar a fondo los diferentes usos que se le puede otorgar a la conservación y restauración del patrimonio, como es posible divulgar el patrimonio arquitectónico sin afectar su esencia ni su estado; y por último, cual es la mejor manera de recolectar la información disponible

para lograr una base de datos que nos permita extraer datos cuantificados que ayuden a gestionar de manera óptima este patrimonio, convirtiendo la ecuación en algo rentable para todos aquellos agentes que componen la organización.

A continuación, procederemos a definir y entender que comprende el concepto de conservación, protección y restauración del edificio patrimonial, ya que será el objetivo primordial del trabajo de investigación, y también diferenciar los distintos tipos de patrimonios que existen y en cual nos focalizaremos.

Una vez esto se haya delimitado, continuaremos determinando los diferentes usos que se le puede otorgar al patrimonio, para luego culminar en los niveles de detalle que debe llevar el modelado de la edificación patrimonial y los posibles protocolos a seguir para la documentación de la edificación.

3.1.4.1. *Conservación, protección y restauración del patrimonio*

La noción de patrimonio proviene de la herencia del pasado, que vivimos en el presente y que debemos intentar preservar para las generaciones futuras. Este concepto alberga la identidad y esencia de las personas que han habitado este mundo, y es deber de estos mismos y sus descendientes de intentar conservarlo, divulgarlo y disfrutarlo.

A partir de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural aprobado en París en 1972, los países firmantes se comprometieron a asegurar la buena conservación de los diferentes espacios del patrimonio mundial. Esto se debió no solo a las causas usuales de deterioro de edificaciones y monumentos, sino también a la acción humana social y económica. Por ello, fue necesario establecer que abarcaría el concepto de patrimonio. En el primer y segundo artículo de la convención se desdobra esta concepción, en cultural y natural, como se lee a continuación.

“Artículo primero: *A los efectos de la presente Convención se considerará ‘patrimonio cultural’:*

-Los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,

-Los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia,

-Los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

Artículo segundo: *A los efectos de la presente Convención se consideran ‘patrimonio natural’:*

- Los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,

- Las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies animal y vegetal

amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico,

- Los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.”

Respecto a la protección del patrimonio en estado natural, sus comienzos datan de finales del siglo XIX, en Norteamérica con la declaración de los Parques Nacionales en Estados Unidos y así se propagó por el resto de Europa, con la intención de preservar la flora y la fauna autóctona.

En relación a la conservación del patrimonio cultural, el mismo se instauró firmemente luego de la Segunda Guerra Mundial, en un intento de recomponer la paz mediante los estatutos de la cultura y la educación, al mismo tiempo que se intentaba repoblar el patrimonio inmobiliario, tan sufrido por la guerra pasada. Pero previamente a esto, comenzaron a surgir intenciones en la materia de conservación del patrimonio.

En 1931, en la conferencia de Atenas, en donde se compone el primer documento internacional sobre la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico monumental, se redacta la conocida Carta de

Atenas. En el artículo VII se manifiesta, “la conservación del patrimonio artístico y arqueológico de la humanidad interesa a la comunidad de los estados guardianes de la civilización (...) que, actuando según el espíritu del pacto de la Sociedad de Naciones, se presten una colaboración cada día más extensa y más precisa con el fin de favorecer la conservación de los monumentos de arte y de historia.” (Noguera Giménez, J.F.; 2006. *Cartas de Restauración del Patrimonio Arquitectónico. Historia y estudio comparativo*. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV.)

En esta conferencia se instó a que en todas aquellas edificaciones o monumentos en donde la degradación y destrucción es mayoritaria, será precisa su restauración, siempre respetando la obra en sí, manteniendo su estilo y lenguaje intacto. A su vez implica que, de ser posible, es necesario conservar estos espacios habitados, que aseguren la continuidad del mismo, intentando mantener el carácter histórico y cultural. Pero aún lo más importante de esta conferencia, es el hecho que es el primer intento de legislar el patrimonio y de buscar maneras de ponerlo en valor.

Con el correr de los años surgieron nuevas acepciones al término patrimonio o al concepto de conservación de patrimonio con la Carta de Venecia en 1964 y la Carta del Restauo en 1972. En el caso de la primera,

aparece un nuevo concepto que no se había revisado anteriormente, el de sitio, como nuevo bien a conservar. “La noción de monumento se extiende en este artículo al sitio urbano o rural. En efecto, este primer artículo dice: ‘Artículo 1º. La noción de monumento comprende la creación arquitectónica aislada, así como también el sitio urbano o rural que nos ofrece el testimonio de una civilización particular, de una fase representativa de la evolución o progreso, o de un suceso histórico. Se refiere no sólo a las grandes creaciones sino igualmente a las obras modestas que han adquirido con el tiempo un significado cultural.’ (Noguera Giménez, J.F.; 2006. *Cartas de Restauración del Patrimonio Arquitectónico. Historia y estudio comparativo*. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV.)

Este concepto de patrimonio cultural lo encuentro más acorde al trabajo de investigación ya que alberga obras más sencillas, que siguen implicando un gran valor patrimonial y cultural para la comunidad a la que sirve. Tal sería el caso de la iglesia de la Trinidad, que funciona como prueba de las tradiciones y usos de una colectividad en particular, y que se repite en toda la zona de Upper Kama, Rusia.

Pretendiendo renovar y profundizar en el concepto de patrimonio, se redacta en 1972 la Carta del Restauo, la cual expresa las ideas de Cesare

Brandi, historiador y crítico del arte de origen italiano. En su primer artículo se observa lo siguiente:

‘Art. 1.- Todas las obras de arte de todas las épocas, en la acepción más amplia, que va desde los monumentos arquitectónicos a los de pintura y escultura, aunque sean fragmentos, y desde el hallazgo paleolítico a las expresiones figurativas de las culturas populares y del arte contemporáneo, pertenecientes a cualquier persona o ente, con la finalidad de su salvaguardia y restauración, son objeto de las presentes instrucciones que toman el nombre de "Carta del Restauo 1972"' (Extracto del documento al cual se accedió el 23/05/ 2021 por la página https://www.geiic.com/files/Cartasydocumentos/Carta_del_restauo.pdf)

Es aquí donde se comienza a estudiar conceptos un poco más profundos respecto a la conservación del patrimonio, tal es el caso de las acciones de conservar, prevenir, salvaguardar, rehabilitar y mantener. Se establece en cierta manera, que se instauren operaciones que permitan mantener el interés cultural en condiciones óptimas en cuanto a su estética y funcionalidad.

A nivel iberoamericano, más concretamente en España, en el año 1980, nace la Comisión Nacional Española de ICOMOS ligada a la Organización de la Naciones Unidas mediante la UNESCO; la misma suscita

la preservación, conservación y restauración del patrimonio, basado en los estatutos de la Carta Internacional de Venecia de 1964. Su misión principal es la de promover, a nivel español, la teoría, la metodología y la tecnología aplicada a la conservación, protección y puesta en valor del patrimonio cultural. (<https://icomos.es/> [Acceso web: 17/05/2021])

3.1.4.2. Usos del patrimonio

No solo existen distintas acepciones al término patrimonio, el cual se ha convertido en un concepto más complejo con el paso de los años y debido a la creciente inquietud y estudios realizados al respecto, sino también que existen diversos usos y funciones específicas que se le ha dado a los inmuebles patrimoniales.

Por un lado, se encuentra la *conservación preventiva* la cual habla de mantener el inmueble y de realizar acciones preventivas para que se pueda mantener en el tiempo de la manera que ha sido encontrado, o directamente rehabilitarlo a su estado original.

También se lo puede considerar a todas aquellas estrategias basadas en acciones sistemáticas que minimicen o eviten el desperfecto o deterioro mediante un control y seguimiento exhaustivo al bien patrimonial cultural. Por otro lado, es importante la *gestión de los visitantes* y cómo ello puede favorecer a la *divulgación del patrimonio*. Es mediante la incorporación de la variante del turismo que se puede lograr promover el interés social para su conservación, aunque también implique un riesgo en su preservación propia, acrecentando el deterioro del mismo.

Por último, se encuentra la *interpretación y documentación del patrimonio*, la cual vela por la recopilación y obtención de información respecto al bien cultural, que luego puede ser utilizada para tomar decisiones respecto a los tres usos mencionados anteriormente.

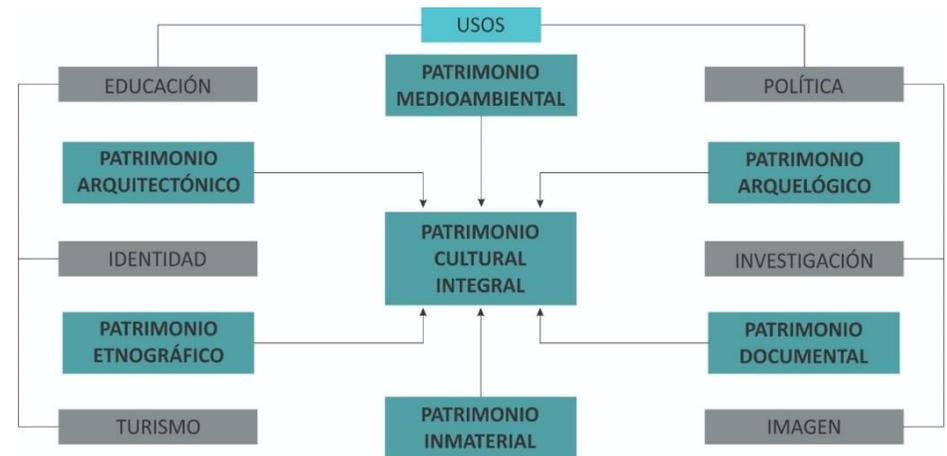


Ilustración 17 – Patrimonio cultural integral y sus formas de uso. Fuente: “El patrimonio turístico como un instrumento para la divulgación, la valoración y la educación cultural” de Nuñez, M.

Según la autora Salvador García, E. (2020) la noción de CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO debe ser identificada en tres dimensiones, explicadas a continuación.

DIMENSIÓN TÉCNICA

El conocimiento y la protección física de los bienes culturales forman parte de la dimensión técnica de la conservación de patrimonio. El conocimiento y la comprensión integral de la construcción histórica (Lo Turco et al., 2017), no sólo de su realidad física sino también de su historia y significado, es la primera medida de protección y conservación.

DIMENSIÓN LEGAL

Las figuras legales permiten que se apliquen especiales medidas de protección y fomento de los bienes patrimoniales declarados. Existen diferentes niveles de protección en base al valor (universal, nacional o local) que se le reconoce, que corresponden con distintas categorías legales.

DIMENSIÓN SOCIAL

La Ley del Patrimonio Histórico Español 13/1985 afirma que los bienes se han convertido en patrimoniales debido exclusivamente a la acción social que cumplen y al valor que les han conferido los propios ciudadanos. Por este mismo motivo, la Carta de Atenas (Sociedad de Naciones, 1931) recomienda destinarlos a una función útil para la sociedad, ya que la mejor garantía de la conservación de los monumentos viene del afecto y respeto

del pueblo hacia su patrimonio.

En resumen, es la dimensión técnica la encargada de la preservación y conservación del patrimonio mediante acciones que permitan comprender, entender y resguardar el bien inmueble físico. Por otro lado, la dimensión legal es la delegada en proteger mediante cláusulas y medidas legales el patrimonio cultural, mientras que la dimensión social, es la que intenta fomentar en los usuarios la apropiación de los espacios, llevando así a promover el interés social de la edificación en cuestión.



Ilustración 18 – Dimensiones de la conservación del patrimonio. Fuente: PROTOCOLO HBIM PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, de Salvador García, E.

Una noción interesante de una de las 3 dimensiones de la conservación del patrimonio, que corresponde a la dimensión social, que

es importante recalcar es la variante de la capacidad de carga recreativa de un bien patrimonial. Es necesario plantear un desarrollo del turismo sostenible que permita que las obras patrimoniales se den a conocer, pero a su vez, salvaguardándola. Se puede entender como el intento de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (Sancho, 1998). Es por ello que es imprescindible determinar el caudal de usuarios que pueda albergar una edificación para que la misma sea apreciada y reconocida, pero evitando el congestionamiento de la misma, el cual puede ocasionar la degradación y la extenuación del capital patrimonial.

Como comenta Nuñez, M. (2014), el patrimonio turístico debe ser instrumentalizado como una forma de divulgación de la identidad y la cultura de los pueblos, así el turismo se constituye como elemento cohesionador con un alto valor simbólico, en la medida que los individuos y los colectivos encuentren un valor de referencia que les permita apropiarse su amplio acervo cultural.

Por ende, la política de gestión del bien patrimonial debe ser estudiada con detenimiento para así lograr la mayor posibilidad de beneficios del mismo, permitiendo así divulgar el pasado, crear el presente y proyectar el futuro. La identidad del patrimonio tiene que ser entendida

como una herramienta, la cual debe perdurar intacta al paso del tiempo, permitiendo a los miembros de una comunidad compartir el espacio con las significaciones que este mismo tiene.

Por todo lo mencionado anteriormente es que se vuelve imprescindible la búsqueda de acciones y protocolos para perpetuar el bien patrimonial en el tiempo, y para ello es necesario lograr una gestión óptima del mantenimiento del inmueble. Para lograrlo es de suma importancia contar con información fiable para lograr concretar decisiones exitosas para la conservación y divulgación del patrimonio, es aquí donde el HBIM se convierte en una gran fuente para lograr documentar la arquitectura patrimonial.

Como es de común conocimiento, el sector de la construcción ha sufrido de ineficiencia en sus procesos, costes adicionales y retrasos, debido a lo deficiente y ambiguo de la información disponible para la toma de decisiones es, por lo tanto, que se implementa el HBIM para la gestión de los inmuebles patrimoniales. Tal como señalan Lin *et al.* (2018), a partir del modelo BIM *As-built*, se debe preparar un modelo BIM que se entregará al propietario para gestionar el mantenimiento de sus instalaciones y el uso de los servicios del inmueble (Lin *et al.*, 2018).

En el caso del HBIM, ocurre algo muy similar, y existen varias herramientas en el mercado que nos permiten extraer la información de la manera más fidedigna posible, dentro de lo que se conoce como SCAN TO BIM. Esta metodología se basa en la obtención de representaciones BIM conseguidas a partir de escáner láser y fotogrametría, las cuales permiten formar modelos tridimensionales en malla que son empleados para identificar volúmenes y colorimetría, aportando aún así más información, a la ya obtenida en 2d.

De acuerdo con la BuildingSMART (2021), para lograr una herramienta eficiente, es preciso que el sistema de información sea acorde tanto al tipo de ámbitos de conocimiento del patrimonio cultural (historia, arqueología, arquitectura, arte, etc.) así como al tipo de trabajos que se desarrollan (investigación, protección, conservación y difusión.).

Para ello, la base de datos debe estar preparada para implementar información de estos tipos. Pero, además, puesto que los objetos del patrimonio cultural se caracterizan fundamentalmente por su esencia evolutiva, es importante que también el propio sistema de información esté estructurado en base a la secuencia de transformaciones de dichos objetos.

En síntesis, lo más complejo de llegar a un modelado fidedigno del patrimonio, es la complejidad de la edificación en sí, por tanto, será parte del proceso decidir el grado de modelado a representar para que la tarea de modelar y obtener información sea lo más rentable posible, y que la misma funcione como base de datos que en el futuro continúe siendo alimentada para permitir una toma de decisiones más ágil respecto a la gestión y mantenimiento de la edificación, así también como a otras actividades.

3.1.4.3. Niveles de desarrollo (LOD) y niveles de conocimiento (LOK) dentro del BIM

Como se mencionó anteriormente, otro punto importante a determinar en este trabajo de investigación es la importancia del nivel de desarrollo de un modelado, enfocándose en el aspecto patrimonial de la edificación.

Con el fin de obtener un registro HBIM fiel de la arquitectura compleja y reducir el coste y tiempo del proceso de modelado, se han propuesto distintas soluciones. (Salvador García, E; 2020. Protocolo HBIM para una gestión eficiente del uso público del patrimonio arquitectónico. Tesis doctoral UPV)

Dentro del mundo del BIM, como bien se conocen ya existen parámetros establecidos como niveles de desarrollo denominados LOD. Se denomina así para parametrizar que se debe modelar y a qué nivel de detalle se espera arribar en cada etapa, dentro del proyecto de construcción. El nivel de desarrollo que tenga el proyecto en cuestión dependerá del tipo de proyecto y de la etapa en que este se encuentra. A medida que se avanza en la complejidad del modelado, se van

desarrollando las etapas convencionales de un proyecto, anteproyecto, proyecto básico, proyecto de ejecución, etc.



Ilustración 19 – LOD: Niveles de desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Pero debido a la complejidad del inmueble patrimonial, es necesario arribar a otros conceptos de desarrollo de modelado, más específicos a las cuestiones patrimoniales.

Por esta razón es que los autores Angulo Fornos, R.; Castellano Román, M. y Pinto Puerto, F. (2021), han forjado el concepto de LOK (Level

of Knowledge) para intentar acercarse a un estándar de modelado dentro del HBIM. Los mismos explican lo siguiente: ‘Estos LOK son una traslación del concepto BIM del Nivel de Desarrollo –LOD– al ámbito del patrimonio arquitectónico. El Nivel de Conocimiento LOK100 está asociado a la identificación del bien patrimonial y a la investigación y generación de conocimiento sobre el mismo. El LOK200 permite una caracterización gráfica y de información suficiente para el desarrollo de las acciones relacionadas con la protección jurídica del bien y su planificación estratégica o plan director. El LOK300 avanza en la caracterización de las entidades gráficas hasta el punto de poder mostrar los resultados de investigaciones especializadas realizadas con metodología arqueológica u otros estudios disciplinares específicos de auscultación y diagnóstico. El LOK400 contempla las acciones específicas de conservación e intervención sobre los elementos del inmueble. Finalmente, el LOK500 se alcanza en aquellos modelos HBIM que resulten operativos para la gestión eficiente e integral de la tutela patrimonial.’

También existe otro tipo de clasificación, específica del modelado de patrimonio cultural, generada por los autores Andrews et al. en Metric Survey Specifications for Cultural Heritage y mencionada en el artículo de

Historic England. Aquí definen cuatro niveles de detalle dentro del modelado del patrimonio cultural.



Ilustración 20 – LOK: Niveles de conocimiento. Fuente: elaboración propia.

Nivel 1: delineado básico de la edificación/ la estructura es representada como un objeto sólido para simbolizar los distintos componentes, pero sin llegar a un detalle arquitectónico.

Nivel 2: Delineado de la edificación/ la estructura es representada como un objeto sólido con características arquitectónicas incluyendo componentes genéricos.

Nivel 3: Delineado de la edificación/ la estructura es representada como un objeto sólido con todas las características arquitectónicas y el mayor detalle posible utilizando componentes genéricos.

Nivel 4: estudio detallado del edificio / estructura representada como un objeto sólido que incluye todos los detalles arquitectónicos, servicios y componentes desarrollados a medida para representar con precisión el tipo de tejido. (Traducido por la autora, original desde pág. 99)

Con todo lo puesto en consideración, es necesario decidir cuál será el nivel de desarrollo necesario para tener un modelado con información suficiente para llevar a cabo las tareas que se intentan realizar, en este caso específico, las de gestión del mantenimiento de un bien patrimonial.

La metodología BIM puede ser utilizada como bien se explicó anteriormente para edificaciones en progreso y las que ya se han finalizado de construir; en el primer caso de las edificaciones que se encuentran en la etapa de diseño se las denomina as-designed BIM (AD BIMs), mientras que el modelado de las edificaciones que ya han sido construidas y se intenta

documentar para su gestión o divulgación, se las denomina as-built BIM (AB BIMs). La segunda es la que se trabajará en este trabajo de investigación por su complejidad antes mencionada.

Como comenta el autor Fateeva,E. et al (2018), crear un AB BIMs es un proceso desafiante por diversas razones. Mientras que el AD BIM es básicamente el modelado de lo que se llevará a cabo en la vida real, el AB BIM requiere de mayor trabajo a la hora de realizarlo. Para llevarlo a cabo correctamente involucra dos puntos: recolección de información para capturar las condiciones de la edificación y, por otro lado, una vez recolectado los datos, modelarlos para generar representaciones compactas y complejas. (Traducido por la autora, original desde pág. 97)

El problema más significativo de esta cuestión es que cada proyecto requiere de un enfoque particular debido a las características del mismo, ya sea por la calidad de la información obtenida de la edificación, el estado de la estructura y de las particiones generales del edificio, el tipo de software utilizado para la recolección de información y para el posterior modelado entre otros. Es por ello que a continuación, recaudaremos información de cómo aproximarnos a un protocolo de desarrollo de la documentación 3d del bien patrimonial para luego poder desarrollar las tareas de gestión del mantenimiento del mismo.

3.1.4.4. *Protocolo de documentación geométrica patrimonial*

Existen diversos enfoques respecto a cómo proseguir en la realización de un protocolo de documentación patrimonial cultural, pero nos detendremos a estudiar el establecido por el Instituto Andaluz de Patrimonio Arquitectónico (España). Los mismos intentaron crear un compendio al que denominaron “Recomendaciones Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales”, en donde plantean un estándar normalizado para la producción de modelados en 3D del patrimonio cultural.

Los pasos a seguir que proponen se rigen bajo los siguientes objetivos, especificados a continuación.

- Documentar la geometría de la entidad patrimonial (forma, dimensiones, contexto espacial y temporal).
- Constituir un testigo del estado de conservación de la entidad patrimonial en un momento dado. Si se llevan a cabo diferentes trabajos de documentación a lo largo del tiempo, es posible tener una serie temporal que facilite el análisis de posibles deterioros, aberraciones y afecciones que estén afectando a la entidad.
- Conformar un soporte estructural que permita a un equipo de documentación, tener una documentación de referencia sobre la

que enlazar y contextualizar información temática sectorial sobre el bien.

- Generar cartografía auxiliar de calidad de la entidad patrimonial y su entorno.
- Producir materiales multimedia con objetivos de difusión. (Instituto Andaluz de Patrimonio Arquitectónico, 2011. “Recomendaciones Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales” Consejería de Cultura de la Junta Andaluza)

Para poder llevar a cabo los anteriormente nombrados objetivos, plantean dos tipos métodos, directos e indirectos. Para el caso del método directo, el procedimiento de la toma de datos se realiza in situ, y los instrumentos más comunes para desarrollar la tarea son cinta métrica, distanciómetro láser, nivel, GPS o estación total.

Lo recomendable sería combinarlo con las técnicas indirectas, para lograr así que la documentación sea lo más completa posible. Lo positivo respecto a esta metodología es el poco tiempo que lleva procesar la información obtenida, lo cual es la diferencia más significativa respecto técnicas indirectas.

En cuanto a las indirectas, son todas aquellas que permiten tomar una gran cantidad de datos, en el menor tiempo posible y con bastante precisión. Para ello es necesario, una planificación íntegra y luego de la toma de datos, un procesamiento extensivo de lo obtenido. Las técnicas más conocidas en el mercado son la fotogrametría y el escáner láser.

Respecto a la primera, permite generar modelos en 3d con texturas, lo cual puede servir de mucha ayuda en la documentación de edificios patrimoniales, ya que es relevamiento bastante exacto de la volumetría y su estado actual. El proceso que se lleva a cabo es en primer lugar, la fotografía de los objetos, luego el procesamiento de las imágenes y, por último, se orientan las imágenes para luego reconstruir y formar el modelo mediante dos técnicas, las de restitución o rectificación.

Mientras que el escaneo láser (conocido como Scan to BIM) reside en la utilización de dispositivos que cuentan con un láser, el cual luego permite conformar un modelo en 3d, debido a la capacidad de establecer las 3 dimensiones de los objetos que visualiza. Por tanto, esta técnica permite la obtención de una nube de puntos, la cual llega a ser mucho más exacta que la fotogrametría, permitiendo así obtener una precisión y fiabilidad en los datos, sin mencionar la rapidez de obtener de manera indirecta la información necesaria para llevar a cabo un modelado en 3d de un edificio.

Una vez obtenida la información y datos de la edificación, se continuará con la búsqueda de formatos de preservación digital. La academia recomienda mantener los formatos en brutos (raw), ya que mantienen todo el proceso recaudado de información, pero la realidad es que esto implica un problema en cuanto a la interoperabilidad. Por tanto, la solución más común es migrar esto a formatos más estándar, ya sea modelo de nube de puntos, modelo 3d, ortofotografías, etc.

Por último, el Instituto Andaluz de Patrimonio Arquitectónico insta a realizar una memoria de los trabajos de documentación realizados junto con los protocolos seguidos. Esto permitirá dar prolongación a los proyectos realizados, evitando la dependencia en los equipos de trabajo y más bien en los protocolos de actuación y las bases de datos realizadas, lo cual servirá de apoyo para futuros trabajos.

En el artículo *“Métodos, técnicas y estándares para la documentación geométrica del patrimonio cultural”* de Jorge Angás Pajas y Alfredo Serreta Oliván plantean cuatro fases de ejecución y documentación volumétrica del patrimonio, las cuales se desarrollarán a continuación, y propondremos si las mismas se pueden aplicar al siguiente trabajo de investigación.

1- Estado actual de la documentación geométrica del patrimonio:

En cada uno de estos procesos resulta totalmente necesario fijar y documentar cuáles han sido: el procedimiento que hemos seguido, los materiales utilizados, la resolución aplicada, la documentación previa, etc.

2- Incorporación de nuevas técnicas de documentación del patrimonio.

Además de los escáneres 3D, debemos recordar otros pequeños hitos tecnológicos que han contribuido a la adopción de nuevas técnicas de trabajo en la documentación geométrica del patrimonio. Actualmente la fotogrametría terrestre se complementa gracias a nuevas técnicas como el láser escáner, además por otro lado la fotogrametría aérea ha encontrado un útil aliado en los denominados UAV. La difusión de los métodos topográficos resurge con la comercialización de la estación total, una vez integrado el distanciómetro coaxial a finales de la década de los 80. Así mismo a partir de abril de 1995 los sistemas de posicionamiento global (GPS), adquieren su plena capacidad operacional.

3- Revisión de los métodos y técnicas en la documentación.

Uno de los problemas o incongruencias que se plantean actualmente son los modos de representación. Efectivamente el cambio se

encuentra en el soporte, este ha sido el verdadero cambio material con los nuevos soportes digitales. Una mutación de soportes físicos a digitales. Estos nuevos soportes buscan otras vías de documentación, valoración y difusión. Es por ello que surgen otros problemas derivados con la gestión y preservación digital.

4- Propuestas para un futuro: interacción e interoperabilidad con otras disciplinas.

La adopción de un carácter híbrido entre el conjunto de profesionales que se dedican a la documentación del patrimonio (arquitectos, ingenieros topógrafos, historiadores del arte, arqueólogos) debería constituir una constante y no un reto. De esta manera hay que redefinir y explicar el conjunto de técnicas empleadas en combinación entre varias disciplinas y no ceñirse en un único análisis desde una sola perspectiva. Si analizamos cómo organizar toda esa información generada, los sectores comienzan a converger porque la importancia reside en el dato y el proceso que se ha empleado. Uno de los principales logros, todavía en desarrollo, consiste en la integración de bases de datos no centralizadas relacionadas entre sí a través de metalenguajes, en la denominada web semántica.

Para concluir, y teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, para el siguiente trabajo de investigación será necesario seguir al pie los cuatro puntos recién planteados para conseguir así resultados positivos a la hora de desarrollar las tareas de FM en el patrimonio.

Será importante la decisión de qué herramienta utilizar para llegar al modelo digital, como también será de gran importancia dictaminar los objetivos para la gestión y preservación digital, dado que este trabajo no solo se realiza para este edificio en puntual, sino como puntapié para edificios de características similares y la restauración y mantenimiento de los mismos.

La Guía de usuarios BIM creada por buildingSMART Spain, ha propuesto un listado de pasos a seguir para llevar a cabo el Plan Nacional de Conservación Preventiva mediante la “estrategia de conservación del patrimonio cultural que propone un método de trabajo sistemático para identificar, evaluar, detectar y controlar los riesgos de deterioro de los objetos, colecciones, monumentos y por extensión cualquier bien cultural, con el fin de eliminar o minimizar dichos riesgos, actuando sobre el origen de los problemas, que generalmente se encuentran en los factores externos a los propios bienes culturales:”

Esta propuesta guía se basa en los siguientes conceptos:

- *Documentación*
- *Análisis de riesgos*
- *Diseño e implantación de procedimientos y protocolos*
- *Verificación*

Según el esquema metodológico anterior, la utilización de una herramienta BIM puede representar un gran soporte interactivo en cada una de las fases del PCP, incluyendo las siguientes tareas:

- Recopilación e incorporación de datos, imágenes y esquemas sobre el inmueble, su historia material, sus características materiales y su estado de conservación; incorporación de datos, gráficos y esquemas sobre su entorno; y recopilación de datos sobre su uso y gestión.
- Incorporación de datos y esquemas sobre la identificación y evaluación de los riesgos de deterioro.
- Programación de acciones para la eliminación de riesgos.
- Programación de protocolos de seguimiento y control de los riesgos no eliminados.
- Programación y seguimiento de protocolos de mantenimiento del inmueble y sus instalaciones.

- Planificación de acciones en situaciones de emergencia.
- Verificación de la realización y de la idoneidad de los protocolos.

Será mediante el proceso detallado anteriormente que se intentará conservar este patrimonio cultural, mediante un plan de rehabilitación del mismo, el cual concluirá en la apertura del mismo para su divulgación mediante el turismo y la educación.

En lo que respecta a la gestión de riesgos y emergencias, se implementarán sensores para poder evitar riesgos irreversibles. Es por ello, que es de suma importancia realizar un gemelo digital fidedigno que nos permita extraer toda la información posible de él, pero que sea realizado en el menor tiempo posible, para ahorrarle así a la organización gastos innecesarios por modelar elementos que no signifiquen nada para la gestión del inmueble.

3.1.5. Gestión del mantenimiento remoto

Con la divulgación de la gestión de mantenimiento dentro del sector inmobiliario, se comenzó a investigar la posibilidad de realizarlo de manera remota, y la metodología BIM aportó mucho a la cuestión.

De por sí, la combinación de metodologías BIM y el FM, es relativamente poco utilizada, o que recién ahora se está comenzando a utilizar en edificios de obra nueva; por tanto, en edificaciones patrimoniales su implementación es un poco más compleja debido a la falta de información que se puede conseguir de la misma y el estado de conservación en la que se encuentran la mayoría de ellas. Pero es por esta última razón, y por otras razones naturales y aquellas de origen humano, que las mismas se encuentran en peligro y las acciones de prevención y protección son el único remedio.

Es por ello, que el sector de la gestión del mantenimiento debe buscar metodologías innovadoras y utilizar herramientas económicas para el monitoreo sistemático que permita proteger y preservar la edificación en sí. En este marco, la recolección de información de estas volumetrías tan complejas puede llevar mucho tiempo y, por lo tanto, convertirse en una tarea costosa. También puede ocurrir, que durante el proceso de

recolección de datos no se cuente con las herramientas o maquinaria apropiada para realizarlo. Con los avances que se están realizando en el área de tecnologías de sensores que se gestionan de manera remota, es posible monitorear y preservar así los inmuebles de desastres naturales como terremotos, inundaciones o las acciones del hombre.

Como comentan los autores A. Agapiou et al, la gestión remota por satélite se ha convertido en una herramienta común de investigación, predicción y pronóstico de cambios y diferentes escenarios a través del desarrollo de modelos basados en GIS (sistemas de información geográfica) e instrumentos de apoyo a la toma de decisiones que han mejorado y apoyado considerablemente las estrategias a la hora de gestionar el patrimonio.

Combinando la información satelital obtenida mediante sensores gestionados de manera remota junto al modelado en 3d, se puede monitorear de manera eficiente consiguiendo un resultado confiable, no invasivo, rápido y de manera relativamente económica.

Pero nos encontramos con una problemática dentro de la situación que planteamos en el siguiente trabajo de investigación, ya que se deben realizar previamente tareas de preservación estructural mediante el

monitoreo remoto que luego serán muy diferentes a las tareas de control, una vez que se lleve a cabo la restauración de la edificación existente.

La mayoría de los edificios que consideramos parte del patrimonio cultural mundial fueron construidos luego de la Segunda Guerra Mundial, lo que implica que la gran parte de estas edificaciones no han sido diseñadas teniendo en cuenta las operaciones o actividades gestionadas de manera remota.

Es por tanto que los Facility Managers se encuentran en la constante búsqueda de invertir en la automatización de los edificios. El gran problema que existe respecto a esto es la falta o la escasa variedad de softwares que implementen la automatización de las edificaciones incluyendo la posibilidad de acceder de manera remota, además de lo costoso que son algunos de ellos.

Con la aparición de modelos móviles denominados BAS por empresas como Johnson Controls, el mercado de la gestión del mantenimiento cuenta con los primeros pioneros que se encuentran en la búsqueda de gestionar y obtener toda la información posible sobre la edificación, de herramientas que utilizamos diariamente como móviles y tablets, para que el uso de estas aplicaciones sea lo más intuitivo y práctico a la hora de realizar la gestión remota. El problema es que estos softwares suelen ser

considerablemente caros para implementar en protocolos recientes, debido a que aún no se han masificado en el mercado.

Intentando implementar nuevos protocolos de seguimiento y control del mantenimiento, le interesa al Facility Manager encontrar soluciones económicas, que sólo le aporten valor y mejoren su rendimiento. Esto deberá ser uno de los focos de la investigación, la búsqueda de estos protocolos, pero siempre pensando en el aspecto monetario de la organización.

4. Planteamiento teórico

4.1. Determinación de objetivos generales

Posteriormente al estudio de conceptos y pautas para abordar la gestión del mantenimiento o FM, Facility Management, remoto de edificios patrimoniales mediante la tecnología BIM, procederemos a plantear los protocolos de actuación que creemos correspondientes a realizarse, tomando la iglesia de la Trinidad como caso práctico de estudio.

Lo primero que se debe intentar realizar para llevar a cabo de manera correcta el FM en la gestión de una edificación, es el conocimiento de la edificación en sí. En *Metodología de los Mapas estratégicos* de Robert S. Caplan y David P. Norton, los autores realizan un listado de los pasos a seguir para lograr aplicar el FM en cualquier organización.

Siguiendo los pasos detallados a continuación, y poniéndolos en práctica en la organización en cuestión, se puede llevar a cabo una estrategia de FM exitosa.

- a. Conocimiento de nuestra organización.
- b. Definición de una estrategia de misión para la función de FM

- c. Desarrollo de objetivos estratégicos para el área de FM
- d. Desarrollo de los objetivos financieros
- e. Identificación, segmentación y análisis de los grupos de interés de la función FM
- f. Desarrollo de los procesos clave.
- g. Asegurar que las competencias y capacitaciones demandas estén cubiertas por el departamento de FM
- h. Establecer los planes de acción.

Aunque se trate de pasos muy genéricos, que pueden aplicarse a diversas organizaciones de disciplinas diferentes, los autores implican que es necesario conocer las necesidades de la organización, los recursos que la misma cuenta para satisfacer esas necesidades, y los objetivos que la misma se tiene que plantear para ser exitosa. Luego del estudio previo realizado, se deben estudiar los procesos claves dentro de la organización, y junto a la información recabada previamente, buscar implementar mejoras en los procesos.

Lo interesante de la propuesta de Caplan y Norton es que, basan sus estrategias en objetivos financieros, realizando así una especie de plan de negocios, el cual le permitirá al Facility Manager generar un sistema para así poder aplicar sus estrategias, ya que se entiende que la tarea del

manager es buscar gestionar y solucionar los problemas del mantenimiento diario de una edificación, utilizando la menor cantidad de recursos posibles y de la manera más eficaz. Creo que es de suma importancia este aspecto, ya que el valor del producto que gestiona el manager, y que intenta conseguir, es la rentabilidad de la organización.

Mientras tanto, Atkin y Brooks proponen las siguientes estrategias para implementar la gestión del mantenimiento de la edificación en cuestión.

- i. Considerar las necesidades de la organización, diferenciando entre actividades centrales y no centrales.
- j. Identificar y establecer procesos efectivos y adaptables para satisfacer esas necesidades.
- k. Establecer las necesidades de recursos adecuadas para la prestación de los servicios, tanto si se obtienen de forma interna como externa.
- l. Identificar la fuente de fondos para financiar la estrategia y sus implicaciones.
- m. Establecer un presupuesto, no solo a corto plazo, sino también para lograr una buena relación calidad-precio a largo plazo.

- n. Reconocer que la gestión de la información es clave para proporcionar una base para un control eficaz de la gestión de las instalaciones.

A partir de esta táctica de implantación podemos extraer que es necesario realizar un estudio detallado de la organización y de los procesos que la misma lleva a cabo, para luego plantear una estrategia de mejora de estos procesos, siempre teniendo en cuenta el factor financiero y cómo afecta este a las actividades dentro de la empresa.

Pero el extracto más importante del concepto de Atkins, en cuanto a este trabajo de investigación en particular es, la generación de una base de datos confiable y actualizada que permita extraer datos que ayuden en la gestión y mantenimiento de las instalaciones, como una especie de hoja de monitoreo que permite controlar el funcionamiento interior de una organización. Es en este aspecto en donde intentaremos centrarnos más adelante.

De ambas nociones extraemos los dos conceptos más importantes y lo que deberemos desarrollar con mayor detalle para lograr los mejores resultados respecto a la gestión. Por un lado, de contar con una base de datos fidedigna que ayude a extraer datos de manera intuitiva para la toma

de decisiones y por el otro el concepto del presupuesto y recursos que tiene la empresa para llevar a cabo estas tareas de FM.

Basándonos en la bibliografía estudiada y unificando ambos conceptos procederemos a enumerar las etapas a desarrollar y los objetivos principales del trabajo de investigación:

- Etapa analítica, comprende el estudio de la organización, en este caso particular el edificio patrimonial, para luego establecer los objetivos para cumplir con las necesidades de cada interviniente, teniendo en cuenta los recursos disponibles.
- Etapa resolutive, una vez reunida y configurada la información, evaluar las variantes que la componen para desarrollar las estrategias de FM a realizar.
- Etapa de implantación, en donde se buscará alternativas para lograr resultados positivos a las estrategias planteadas, fomentando en todo momento la comunicación entre las partes intervinientes.

4.2. Propuestas de recolectado de información y estudios existentes

La búsqueda de herramientas que ayuden en la mejora de los procesos y por ende en el día a día de las tareas del FM, llegando hasta la automatización de algunos procesos, ha permitido mejorar los resultados dentro de la gestión del mantenimiento.

Para poder aplicar el FM en un edificio existente, es necesario contar con la volumetría o el modelado del mismo para luego cargarle la información actualizada de sus características, para prontamente proseguir con la toma de decisiones respecto al FM. Es aquí donde nos encontramos con la primera problemática ya que, al tratarse de un edificio patrimonial cuyo estado de conservación se desconoce, no se cuenta con un modelo BIM del mismo.

Es por ello que el primer paso a llevar a cabo sea el del modelado del edificio, por lo tanto, será necesario tener en cuenta antes de elegir la metodología a utilizar, el grado de detalle a desarrollar, ya que es necesario economizar en tiempo para que luego las tareas de FM sean rentables. Posterior al estudio de la bibliografía adjuntada previamente, procedemos a delinear el grado de detalle del modelado para cada etapa, para luego

decidir que técnicas utilizar para el recolectado de la información. Todo esto se verá reflejado posteriormente en el trabajo de investigación.

Como se mencionó anteriormente, existen dos tipos de técnicas, manuales y automáticas. Las más importantes dentro del área de las técnicas automáticas se tratan de la fotogrametría y el escaneo láser, mientras que en el caso de las técnicas manuales se encuentra la medición mediante herramientas como la cinta métrica y la medición láser in situ. Debido a la lejanía del edificio en cuestión, no será posible complementar ambas técnicas, lo cual sería lo ideal, para llegar a resultados más reales, pero gracias al apoyo del equipo Prometheus, se basará el trabajo de investigación en el sustento de la fotogrametría y la nube de puntos.

La recolección de información se deberá realizar en primer lugar para relevar el inmueble, depurándolo en Autodesk Recap para obtener resultados más precisos, para luego inmediatamente, transferir la información a Revit para lograr el modelado BIM acorde a la etapa que se está abordando. Consecutivamente, se planteará las tareas de FM que permitirán desarrollar los objetivos de la organización. Estos objetivos deben ser plasmados anteriormente, para que al final del proceso se corrobore si el plan de abordaje ha funcionado para cumplir con los

mismos, y de no ser el caso, decidir qué mejoras se pueden plantear al respecto.

Algunas de las tareas del FM deberán ser realizadas de manera manual ya que, al tratarse de una organización pequeña, el presupuesto no suele ser muy significativo, por tanto, todas las mejoras que se pueden llevar a cabo deben ser materializadas de la manera menos costosa posible, intentando utilizar las herramientas que se disponen fácilmente.

Actualmente en el mercado comienzan a aparecer diferentes plataformas que permiten llevar un control del mantenimiento de una edificación desde las primeras etapas de diseño del mismo hasta la última antes del desuso de la misma, el uso y mantenimiento. Estos softwares suelen ser muy costosos para ser implementados en pequeños emprendimientos, pero intentaremos estudiarlos para ver si es posible aplicar algún aspecto de los mismos, a nuestro caso de estudio. La organización PROMETHEUS plantea el uso de estos softwares a futuro para el desarrollo de la gestión del mantenimiento para la ruta de patrimonio cultural en la zona de Upper Kama, Rusia.

El primer caso corresponde al portal creado por la empresa ECODOMUS, utilizado por grandes organizaciones tal es el caso de la Opera de Sídney o la administración de servicios generales de Estados Unidos

(GSA), es una plataforma que contiene diferentes herramientas que permiten llevar a cabo las tareas de FM de una manera muy rentable. Mediante el soporte entregado por la empresa se pueden administrar y gestionar diferentes documentos (CAD/BIM, PDF, JPG, etc) que las diferentes partes del equipo pueden subir a la plataforma para llevar a cabo el control de las diferentes actividades de la empresa en cuestión.



Ilustración 21 – Plataforma ECODOMUS. Fuente: <https://www.ecodomus.com/>

Algo bastante innovador que presenta este software es la capacidad de gestionar los datos de los activos y control de calidad de los datos que se ingresan a la plataforma. Permite tomar la información que se encuentra en la base de datos o nube, y conformar con ella informes en tiempo real exportables a Excel, además de generar códigos QR para los activos de la instalación que permitan que simplemente escaneándose, se acceda a la información puntual respecto a ese activo en cuestión.

A su vez cuenta con un visor 3D y 2D en línea, el cual permite de manera remota corroborar los planos y archivos con el modelo, en visitas al edificio. Esta cualidad permite que se pueda trasladar el modelo a donde sea necesario y que esto permita que la toma de decisiones respecto al FM sea realizada de manera más precisa y rápida. Por último, y lo que creo es lo más novedoso en cuanto a la plataforma es que permite realizar una gestión de los problemas, realizando un seguimiento de las instalaciones del edificio, llevando un rastreo continuo de los problemas de los mismos, alertas de las puestas en marcha y hasta un chat con notificaciones para que los interesados estén al tanto del estado de los problemas. Se trata de uno de los primeros pioneros del concepto de gemelo digital, es decir una representación virtual que es copia fiel del objeto original, y que permite desarrollar tareas de control e inspección desde cualquier sitio.



Ilustración 22 – Plataforma YOUBIM. Fuente: <https://www.youbim.com/>

Pero ECODOMUS no es la única plataforma de pago que permite desarrollar las tareas de FM de manera remota; apareciendo otro software web en el mercado que cumple esta función, conocido como YOUBIM. La gran diferencia con el programa anterior se basa en que YouBIM admite al usuario a realizar el seguimiento del mantenimiento correctivo y planificar el mantenimiento predictivo, logrando visualizarlo en formato de calendario. Al mismo tiempo, se puede adjuntar listas de verificación a las rutinas para que el técnico pueda comprender los pasos exactos para realizar el trabajo correctamente.

Lo que logra este servicio es que se le entregue al facility manager una plataforma intuitiva, ya que la mayoría no son expertos en BIM y no tendrían que serlo, que converja todos los archivos BIM del edificio en cuestión, pero hace que el usuario lo visualice en una interfaz 2D/3D que sea de fácil uso, para poder así realizar las decisiones de coordinación de manera sencilla.

Aplicar estos softwares implicaría que se resolvieran varias de las problemáticas que se han planteado a lo largo del trabajo de investigación, pero se tratan de softwares muy costosos, los cuales no apuntan a organizaciones pequeñas con presupuestos acotados; es por ello que debemos encontrar la manera de llegar a resultados similares con propuestas económicas y softwares que se encuentren a nuestro alcance.

Es por ello que en este trabajo de investigación se planteará una interfaz gratuita e intuitiva para los intervinientes, que funcione como base de datos de toda la información acerca del edificio patrimonial, y en donde esta permita llevar a cabo las tareas de protección del inmueble, las de restauración del mismo y, por último, la gestión de emergencias, visitantes y mantenimiento general.

4.3. Propuestas de mejoras y posibles problemas a considerar

En relación con las mejoras que se le podría plantear a la plataforma en cuestión, es convertirse en el soporte de ayuda a las tareas de reclutamiento y la preparación del personal. A partir de las herramientas creadas para llevar a cabo el FM, el facility manager podrá utilizar el gemelo digital para explicar los diferentes trabajos a los diferentes componentes de la organización. Teniendo en claro las tareas que cada puesto de trabajo debe realizar le ayudará al manager a discernir que perfil aplica más a cada puesto de trabajo, por tanto, sería interesante contar con una base de datos de las características del puesto de trabajo que luego ayude en la tarea de reclutamiento.

Pero este no será el único uso que se le pueda aportar ya que el facility manager podrá utilizar este modelo para evaluar no solo si los procesos se están llevando a cabo de manera correcta, pero también si los trabajadores de la organización están siendo rentables. Se debería poder extraer informes de rendimiento para que el facility manager pueda realizar la toma de decisiones con la información actualizada.

Otra mejora posible a tener en cuenta es la posibilidad de basar las decisiones en la gestión de emergencias, y para ello se necesita contar con un modelo actualizado del edificio y que todos los componentes que forman parte de él estén correctamente ubicados y señalizados. Al mismo tiempo que se utilice al modelo para explicar a los trabajadores donde se encuentra cada habitación u otro elemento, así familiarizándolos con el entorno sin la necesidad de trasladarse hasta el mismo se podrá también, tomar el gemelo digital y marcar recorridos de evacuación dentro de la edificación.

Como se mencionó anteriormente, el modelado puede ser utilizado también para la gestión de visitantes, ya que se pueden crear flujos y recorridos para las diferentes visitas, siempre teniendo en consideración que es necesario promover y divulgar el inmueble patrimonial, pero preservándolo en el tiempo lo máximo posible. Junto con la gestión de emergencias, se propondrán diferentes simulaciones dependiendo la situación que amerite, para dejar por escrito o diagramado los pasos a seguir según la ocasión.

Otro punto que se pretende mejorar con el modelado, evaluación y control de este edificio es el de generar un informe del estado actual el cual servirá de mucha ayuda en la restauración del inmueble. Al contar con

todos los materiales y elementos significativos identificados, hará la tarea de la recomposición de los espacios mucho más simple. Y aunque sea muy complicado el modelado de una pieza en particular debido a la complejidad de la volumetría, la cantidad de información que se le puede otorgar a un elemento en particular, hará que el trabajo extra tenga mucho más valor.

Respecto a los aspectos financieros del trabajo en cuestión, se plantea desde un principio inventarios de los objetos en situación inicial, los cuales luego se desarrollarán en mayor detalle en el transcurso de la rehabilitación. Como se mencionó anteriormente se realizarán planillas de gastos de los diferentes aspectos, desde lo que conlleve el mantenimiento, el personal y los objetos que se encuentren en el edificio. Con toda esta información el manager podrá tomar decisiones más precisas respecto a las diferentes variantes dentro del presupuesto de la gestión del inmueble, velando siempre por la rentabilidad del proyecto.

La organización en diferentes planillas que estén todas relacionadas con el objeto en particular, le permitirá generar comparativos que le ayudarán a manejarse con el presupuesto, y sabrá cuales son las partidas en las que más dinero se invierte y, por tanto, se tiene que poner más cuidado a la hora de llevarla a cabo para intentar acortar los costes, buscando exacerbar aquellas que mayor valor le aportan a la empresa.

Por último, con la proposición de implementar sensores wifis o que permitan la gestión remota de la edificación para convertirla en una inteligente, y también en algo más independiente debido a su ubicación tan, se podrá llevar a cabo la gestión de emergencias de manera directa. Al tratarse de una edificación ya construida será imposible plantear desde un principio el monitoreo del consumo de energía, pero es posible esbozar ideas para el ahorro energético respecto a los gastos de iluminación y climatización, los cuales serán monitoreados en la tercera fase de implantación de la propuesta.

El hecho que se pueda rastrear si alguien ha ingresado al edificio sin permiso, o que está ocurriendo un incendio u otra emergencia, nos permitirá actuar rápidamente y las eventualidades que ocurran en el inmueble podrán ser resueltas más rápidamente. Al mismo tiempo se podrían plantear posibles simulacros o pasos a seguir para situaciones comunes las cuales se encuentren dentro de la plataforma y su aprendizaje sea parte del entrenamiento del personal, utilizando la base volumétrica y los datos concedidos al modelado 3d para realizar esta tarea.

5. Caso Práctico

5.1. Alcance de la propuesta

Como se ha destacado a lo largo de este trabajo de investigación se procederá a desarrollar un gemelo digital que permita mejorar las tareas Facility Management en un edificio patrimonial, pero antes será necesario establecer la integridad estructural del mismo y por supuesto, la restauración del mismo, para poder así asegurar una puesta en marcha asertiva.

Para lograrlo en primer lugar, se deben establecer los objetivos, teniendo en cuenta las actividades que se quieren realizar en la edificación, y los recursos con los que se cuenta para realizarlos, es decir, tiempo y dinero.

En este caso en particular, lo dividiremos en tres etapas. Primeramente, la de relevamiento y monitoreo para preservar y proteger el inmueble existente, en segundo lugar, la de restauración del edificio patrimonial y, por último, la de gestión del mantenimiento del patrimonio rehabilitado y la gestión de visitantes.

Cabe destacar que debemos partir de la premisa en que no contamos con un modelo digital del edificio a intervenir, por tanto, tenemos que establecer los objetivos desde el momento cero, decidiendo aquí el nivel de modelado a realizar para cada una de las tareas que necesitamos llevar a cabo.

De esta manera, nos evitaremos profundizar en un modelado muy detallado, sino en una herramienta funcional que nos permita extraer datos de la edificación de la manera más precisa posible, en el menor tiempo posible y al menor coste, premisa clave dentro del Facility Management, en donde la volumetría se vuelve en algo superfluo y cobra protagonismo la información ingresada a ese modelado.

El primer reto importante con el que nos encontramos en este caso en particular es la falta de un modelo BIM que nos ayude luego en la toma de decisiones. Al tratarse de una edificación patrimonial que se encuentra deshabitada y cuyo estado de conservación y patologías que le afectan se desconoce, lo más importante será plantear un protocolo de modelado simple y rápido que permita proseguir con el resto de las actividades, para lograr así minimizar los riesgos e intentar llevar a cabo la restauración del patrimonio, en el menor tiempo posible; siempre refiriéndose a protocolos de acción eficientes.

Es en este aspecto se hará puntual énfasis, ya que uno de los objetivos principales del trabajo de investigación es focalizarse en la obtención de procesos eficientes mediante la economización y reorganización de los recursos disponibles.

Es por tanto que se propone realizar la restauración del bien patrimonial de manera integral, reduciendo tiempos de gestión innecesarios. Para lograrlo, se optará por llevar a cabo el desarrollo de un modelo digital que permita ensayar diferentes escenarios y resolver los problemas que acaecen actualmente a la edificación, tanto en la protección y posterior restauración del inmueble, como también problemas futuros en cuanto al mantenimiento de la edificación ya restaurada.

A continuación, se desarrollarán las tres etapas que se ha planteado anteriormente para este trabajo de investigación, donde por un lado se intentará proponer todas las tareas para llevar a cabo la protección del patrimonio existente y, en segundo lugar, la etapa de rehabilitación del patrimonio, culminando con la futura gestión de visitantes y el patrimonio en sí.

- **ETAPA 1:** PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO EXISTENTE –
RELEVAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DEL PATRIMONIO
- **ETAPA 2:** RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO

- **ETAPA 3:** GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y FUTURA GESTIÓN DE VISITANTES

ETAPA 1 – PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO EXISTENTE – RELEVAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DEL PATRIMONIO

Esta primera etapa se desarrollará con el relevamiento del edificio en cuestión, se proseguirá con el levantamiento y modelado simple de la volumetría, realizando una sectorización del edificio y una identificación de sus elementos principales, para lograr así un relevamiento del estado actual.

En primer lugar, y como se mencionó anteriormente, será necesario plantear el grado de nivel de detalle del modelado para esta etapa en cuestión. Una vez planteado este punto, se procederá al proceso de levantamiento gráfico. Mediante la información provista por el grupo PROMETHEUS, se llevó a cabo la restitución fotogramétrica que junto a las imágenes obtenidas, ayudarán a constatar cómo se encuentra la edificación actualmente, junto al nivel de deterioro que la misma presenta.

Posterior a este punto, se procede al procesado de la información, en donde se rectificará las imágenes obtenidas y permitirá generar un modelo 3D a través de la fotogrametría.

A continuación, se procede a comenzar con el modelado mediante el software Autodesk Revit. En este punto, se insta otorgarle al modelado

toda la información disponible, desde datos generales de proyecto, a más puntuales como información sobre los materiales utilizados y los elementos que componen cada espacio en líneas generales. En el mismo se nombrará las diferentes habitaciones junto a sus características esenciales, como superficie y elementos significativos que se encuentren en ella. Al mismo tiempo, se realizará inventario de los elementos actuales, que luego podrá ser actualizado a medida que se lleve a cabo la restauración de la edificación.

A través de A360 o FUSION 360, se podrá vincular el modelo de REVIT y generar un back up de los datos ingresados y de las eventualidades que ocurren en la edificación en cuestión. Aquí también se podrá gestionar el personal, en donde se detallará las actividades que realizan junto a los datos personales de cada uno de ellos; este aspecto servirá también para las etapas siguientes. Esto permitirá organizar correctamente las actividades, y en el caso de que no se realicen de manera apropiada, encontrar los responsables para que rectifiquen el problema. Esto admite que cada componente de la organización se responsabilice aún más por la tarea que deben realizar. Se proponen a su vez, generar una matriz de responsabilidades la cual, aunque no se puede enlazar al archivo REVIT,

puede añadirse a la nube de FUSION 360 para que todos tengan acceso a ella.

Otra ventaja del uso de esta plataforma será que permitirá generar un inventario de los objetos en la actualidad, y posteriormente todos aquellos que se agreguen al edificio serán añadidos al listado junto con los datos del fabricante, donde y en qué fecha han sido comprados, y todos aquellos datos que sean importantes para reponerlos o refaccionarlos de ser necesario.

La plataforma A360 o FUSION 360 nos permitirá no sólo administrar el modelo en la nube y todos los archivos relacionados que se deseen cargar en la interfaz, sino que también podremos generar una línea del tiempo del proyecto, lo que permitirá más adelante la gestión del intercambio de entregables. Lo interesante de esta aplicación es que se conforma una base de datos de toda la información disponible de la edificación, donde se puede conceder acceso a los diferentes usuarios de la organización mediante el permiso del manager.

ETAPA 2 – RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO

En concordancia con la primera etapa, anteriormente expuesta, se proseguirá realizando una nueva matriz de responsabilidades con los nuevos participantes, la cual será añadida a la nube para que todo el personal tenga acceso a ella. Debido a la complejidad de la edificación, se instará a realizar un BEP de las tareas a realizar, teniendo en cuenta los recursos con los que se cuenta. Se planteará el alcance del proyecto, como así también los posibles riesgos que existan y cuál es su posible mitigación.

Dado que se trata de una edificación muy compleja para el modelado de la misma y que el propósito de este trabajo de investigación es la gestión del mantenimiento, se procederá a realizar el modelado detallado de sólo un sector significativo, para poder plantear los pasos a seguir para desarrollarlo y luego trazar como sería el modelado del resto de la edificación, a partir del paso a paso previamente planteado y enseñado.

Este paso ayudará al equipo encargado de la restauración del patrimonio, el cual continuará modelando en detalle los sectores que se han ido rehabilitando para alimentar y actualizar así la base de datos ya comenzada, generando así nuevos inventarios sobre los nuevos elementos que ayudarán a la hora de trabajar en los presupuestos de la organización,

y en la creación de nuevas planillas de las nuevas actividades y personal a cargo, las cuales servirán de soporte cuando sea necesario coordinarlos.

Mediante todos estos procesos, se continuará en la búsqueda de nuevas herramientas que ayuden a automatizarlos para lograr que los procesos y personas involucradas sean lo más rentable y eficiente posible. En el proceso del modelado de la edificación, se irá utilizando las fases, para ir demarcando el estado actual, de lo que se pretende restaurar y lo que ya se ha restaurado, y de aquello que quedará tal cual fue encontrado, en su estado actual.

Una vez realizadas las tareas mencionadas anteriormente, el equipo de restauración podrá realizar planillas de las patologías encontradas en el recinto y posibles soluciones para lograr una rehabilitación integral de los espacios, las cuales luego pueden ser almacenadas para ser utilizadas en consiguientes proyectos.

ETAPA 3 – GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y FUTURA GESTIÓN DE VISITANTES

Por último, se encuentra la última fase y el objeto principal del trabajo de investigación, la gestión del mantenimiento de un edificio patrimonial y la posible gestión de visitantes, una vez la edificación haya sido restaurada.

Para ello, se procederá a realizar un recorrido por el edificio de sensores, recorrido que se recreará también en el modelado 3d, para tener constancia de su ubicación en la edificación, mediante la sectorización de habitaciones en Autocad Revit. Los sensores colocados en la edificación se enlazarán a una aplicación la cual puede ser monitoreada por cualquier persona que se le ofrezca acceso a la misma, junto con el usuario y contraseña correspondiente. Se montarán sensores de movimiento, para evitar que personal ajeno a la organización ingrese a la edificación sin permiso concedido; a su vez, se montarán sensores de temperatura y humedad, ya que la falta de control de los mismos en un edificio en deterioro puede significar que sea muy difícil recuperar elementos del mismo, por tanto, es necesario controlar la temperatura y humedad de los ambientes para preservar y proteger el inmueble.

Por último, se montarán sensores de humo para prevenir posibles incendios en el edificio. Todos estos sensores serán controlados por una

aplicación que permite ser monitoreada por tablets o teléfonos móviles, logrando que la tarea sea más sencilla de seguir y controlar. Una vez se haya realizado la restauración del patrimonio y se comience a gestionar el ingreso de visitantes, se mantendrán los sensores previamente mencionados, pero se le agregarán sensores de climatización e iluminación para complementar en las mejoras a los diferentes ambientes.

Inmediatamente de realizar el recorrido de sensores en el edificio y realizado la puesta en marcha de los mismos, se enlazarán a la aplicación que se comentaba anteriormente y se procederá a cargar su gemelo digital en la nube. Dado a que no existe un vínculo directo entre Revit y la aplicación SMART LIFE, las eventualidades notificadas por la aplicación deberán ser traspasadas a la plataforma de A360 o FUSSION 360, para que así el manager gestione qué medidas se deberían tomar y toda persona responsable sea notificada.

Por otro lado, se utilizará Google Sheets para la gestión de las actividades que se llevarán a cabo en la edificación mediante planillas, en vez de utilizar la plataforma más conocida en el mercado, Microsoft Excel.

Esto se debe a que se trata de una plataforma gratuita, en la que todos pueden tener acceso, varios pueden trabajar en un archivo al mismo tiempo, logrando así la colaboración en tiempo real, y los archivos quedan

en la nube, guardándose automáticamente en el Drive de la organización. Se realizarán las siguientes planillas, las cuales serán actualizadas por el Facility Manager y se intentará vincular al modelado en Revit de alguna manera:

- Planilla de ingresos y gastos
- Base de datos de los empleados
- Informes de control de rendimiento de las instalaciones
- Informes de control de rendimiento de los trabajadores
- Hoja de control de tareas
- Calendario
- Designación de las tareas por habitación, cada una con su encargado correspondiente.
- Seguimiento del proyecto de mantenimiento del edificio.
- Listados de verificaciones.

A su vez, se dotará al modelo de parámetros de proyectos, los cuales ayudarán al facility manager a realizar sus tareas dentro de la gestión, convirtiendo al modelo 3D en una verdadera base de datos, y no simplemente una volumetría vistosa, fusionando así correctamente el BIM y el FM desde el patrimonio, en este caso práctico.

Por último, dado a que la función del edificio es el uso y disfrute de visitantes, se plantearán distintas alternativas (teniendo el modelado 3d como base de datos y sustento volumétrico) para mejorar la experiencia de los usuarios que hagan uso de las instalaciones. Se intentará de promover el uso de aplicaciones intuitivas, y de carga directa al Drive de la organización y que puedan permitir de ser cuantificadas, para ayudar así al Facility Manager con las tareas a controlar.

5.2. Implementación de la propuesta: Procedimiento de modelado y trabajo en softwares

ETAPA 1 – PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO EXISTENTE – RELEVAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DEL PATRIMONIO

El inmueble estudiado como se mencionó anteriormente se trata de una iglesia de lenguaje moscovita barroco con influencias europeas, la cual fue construida entre los años 1779 y 1902. Se encuentra situada en la zona rural de Upper Kama, Rusia, y aunque se localice en un sitio poco conocido, junto a otras iglesias de la zona conforman parte de la ruta de revalorización del patrimonio cultural europeo.

Se decidió tomar la Iglesia de la Trinidad como caso de estudio debido a la complejidad que supondría realizar el modelado y que este mismo funcionará para llevar a cabo las tareas de FM. Del mismo modo, será parte del trabajo de investigación la búsqueda de herramientas que sean de fácil uso para desarrollar dichos objetivos, especialmente las tareas de modelado de la volumetría.



Ilustración 23 – Iglesia de la Trinidad en su estado actual. Fuente: fotografía concedida por el equipo de investigación Prometheus.

Debido a que se encuentra en un lugar inhóspito y de difícil acceso, el eje de la investigación debe girar en buscar herramientas que posibiliten el relevamiento del estado actual, para luego ayudar en las tareas de rehabilitación y luego la puesta en marcha del bien patrimonial. El siguiente apartado se dividirá en las etapas previamente definidas.

Antes de dar comienzo a la primera actividad para llevar a cabo las etapas anteriormente expuestas, el Facility Manager deberá reunir a todos

los intervinientes del proyecto y plantear dos matrices, una detallando la frecuencia en que se desarrollarán las comunicaciones entre las partes y los medios en las que se desarrollarán y la segunda será la matriz de responsabilidad del proyecto, la cual permitirá relacionar la actividad al encargado de realizarla. Ambas matrices se encuentran adjuntadas en el apartado de ANEXOS.

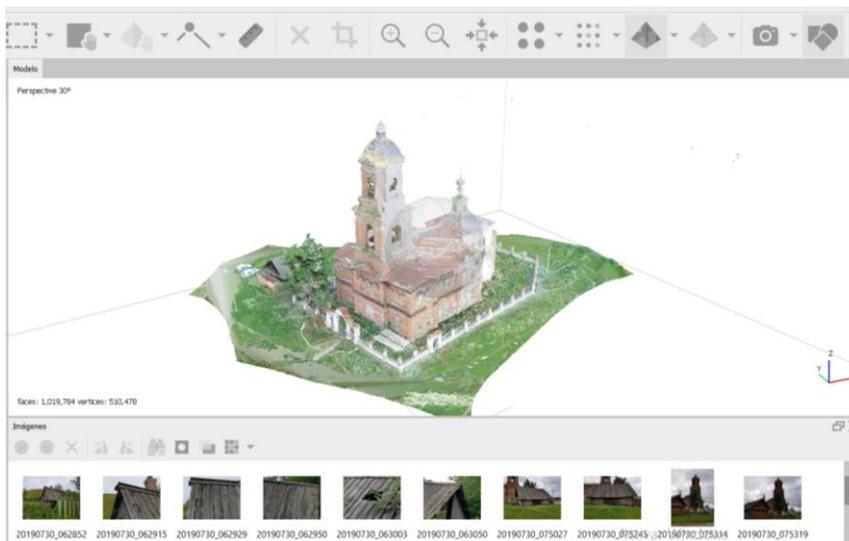
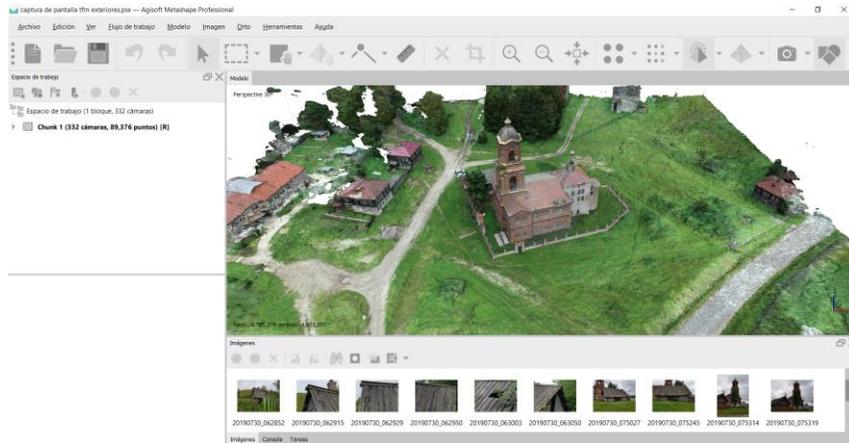
En primer lugar, se instó a realizar el trabajo de levantamiento y modelado mediante la técnica de fotogrametría. En otras palabras, se trata de la metodología capaz de generar volumetrías y realizar la captura de dimensiones y donde se encuentran ubicados los objetos en el espacio mediante fotografías, y transferirlas a un compendio que aglomere toda aquella información.

Dado que se contaba con las fotografías realizadas mediante un drone por el equipo de investigación de Prometheus, se prosiguió a realizar la conformación de la volumetría a través del software Metashape Agisoft. Como se puede apreciar en la ilustración nº 23, se realizó la carga de las imágenes en el programa y el procesamiento de las mismas para generar así datos espaciales del edificio a estudiar. Se realizó una limpieza exhaustiva de la volumetría 3D, para sólo quedarnos con los elementos que

necesitaríamos para desarrollar la gestión de las tareas de FM, la Iglesia de la Trinidad.

Se obtienen entonces, como se observa en la imagen adjuntada, una volumetría densa que nos permitirá desarrollar con aún más detalle el modelo digital, ya que contamos con espacialidades, conformaciones volumétricas y atisbos de materialidades. El procesamiento fotográfico no solo servirá a futuro para desarrollar las tareas de FM, pero en concreto, para lograr la documentación del patrimonio cultural. A través del software, se pueden conformar mallas 3d y texturas prácticamente similares a la realidad que ayudarán de sobremanera en el modelado de volumetrías complejas, sobre todo en aquellos elementos intrincados como molduras u ornamentaciones de carácter simbólico, tan presente en el lenguaje de dicho bien patrimonial.

Como se puede apreciar en las imágenes adjuntadas a continuación, el nivel de precisión desde el punto de vista ornamental al que se consigue llegar con la fotogrametría es bastante detallado, lo cual será bastante beneficioso a la hora de desarrollar tareas de documentación de los elementos significativos y la rehabilitación de los mismos.



Ilustraciones 24 y 25 – Proceso de armado de imágenes mediante fotogrametría a través de Metashape Agisoft. Fuente: elaboración propia.

La gran problemática respecto al uso de esta metodología con este caso en particular es la falta de información obtenida mediante técnicas manuales, la cual nos ayudaría a comprobar si las dimensiones obtenidas a través del procesamiento de estas imágenes son realmente certeras.

Posterior al procesamiento de las imágenes y la obtención de la nube de puntos densa y las mallas con textura definida, se procedió a exportarlo al programa donde se llevaría a cabo el modelado de la volumetría, Autodesk Revit.

Tal como se observa en la ilustración n^o 24, se comienza a desarrollar el modelado principal y básico del volumen del patrimonio, pero debido a la inexactitud de la nube de puntos, no es posible realizar un trabajo de levantamiento de planos que sea totalmente fidedigno, ya que no se cuenta con planos o medidas (técnicas manuales), que nos ayuden a corroborar si nuestro trabajo está siendo realizado de manera correcta.



Ilustración 26 – Modelado de la volumetría mediante fotogrametría. Fuente: elaboración propia

Esto no implica que el trabajo realizado haya sido en vano, ya que desde los principios del levantamiento se puede apreciar lo útil que será en la etapa de rehabilitación y documentación del patrimonio, debido al nivel de detalle que se ha alcanzado junto a la nube de puntos y la malla texturizada.

Dado a que en la primera etapa planteada para este trabajo de investigación se necesita simplemente obtener una volumetría sencilla con la sectorización de los diferentes ambientes y elementos que componen el inmueble, se relega el uso de la nube de puntos conformada a través de la fotogrametría para la segunda etapa del trabajo en donde se focalice en la restauración y revalorización de elementos ornamentales del bien patrimonial.

Se prosigue entonces a la utilización de la nube de puntos realizada mediante láser escáner LEICA aportada por el equipo de investigación Prometheus. Se exporta la misma al programa de Autodesk Revit, y se procede a realizar el levantamiento de los planos de la iglesia de la Trinidad.

La exportación se hace mediante el programa de Autodesk Recap; es decir se toma el escaneo láser realizado por el escáner 3D de Leica, se descarga en Autodesk Recap para convertirlo en una nube de puntos, la cual luego fue transferida mediante exportación de archivos RCP a archivos RVT.

Una vez se vincula a Autodesk Revit, antes de proceder con el modelado de la edificación, se insta a completar los datos o información del proyecto. Tal como se aprecia en la ilustración nº 25, este es el primer paso en la parametrización del modelado.

Propiedades del proyecto

Familia: Familia de sistema: Información de proy Cargar...

Tipo: Editar tipo...

Parámetros de ejemplar - Controlan ejemplares seleccionados o que deben crearse

Parámetro	Valor
Datos de identidad	
Nombre de organización	PROMETHEUS
Descripción de organización	Facility Management
Nombre del edificio	Iglesia de la Trinidad
Autor	Florencia González Armesto
Análisis energético	
Configuración de energía	Editar...
Otros	
Fecha de emisión de proyecto	12/10/2021
Estado de proyecto	Estado de proyecto
Nombre de cliente	PROMETHEUS
Dirección de proyecto	Cherdyn, Rusia
Nombre de proyecto	IGLESIA DE LA TRINIDAD
Número de proyecto	0001

Aceptar Cancelar

Ilustración 27 – Propiedades del proyecto. Fuente: elaboración propia

El segundo paso sería realizar la superficie topográfica, pero dado que las tareas que se llevarán a cabo son mayoritariamente de FM y de rehabilitación, se considera qué tarea no será necesaria, ya que no aportará en gran medida a las actividades que se buscan desarrollar con dicho modelado, y sólo implicaría una pérdida de tiempo y dinero para la organización.

En cuanto al modelado en cuestión, como se puede observar en la imagen nº 26, no se entra en demasiado detalle de los elementos ornamentales, ya que para la primera etapa solo es necesario el modelado simple de la volumetría con la sectorización por habitaciones, término que se le otorga en Autodesk Revit para delimitar los espacios de un edificio, y la carga de información respecto a los materiales y elementos encontrados en el inmueble.



Ilustración 28 – Modelado de la volumetría mediante nube de puntos y escáner laser. Fuente: elaboración propia

Elementos secundarios como torreones y ornamentaciones simbólicas no se materializarán en esta etapa ya que no serán útiles en la etapa de protección del inmueble, ya que debido a la magnitud del edificio se empezará con la protección de la estructura general, y una vez que se comiencen con los trabajos de rehabilitación nos focalizaremos en elementos más puntuales. Se entiende que si bien hacen al carácter cultural del edificio patrimonial en cuestión, a la hora de gestionar la tarea de preservación del bien, se convierte en algo secundario, ya que la primera etapa busca conseguir en primer lugar, la preservación estructural.

En cuanto al modelado puntualmente, al no contar con la información específica de los materiales utilizados en el edificio, y al ser imposible desplazarse para averiguarlo, se ha realizado un planteo supuesto de los materiales inferido por las imágenes facilitadas por Prometheus, y una vez identificado, se ha sido ingresado en Revit a su biblioteca para conformar la volumetría.

Debido a que el modelado será utilizado principalmente en esta etapa para tareas de FM, no se consideró oportuno otorgarle tiempo al levantamiento topográfico, es por ello que se planteó un esquema básico del mismo. Seguidamente, se procede a definir los elementos estructurales del edificio, como muros, pilares y forjados, y luego los elementos que

ayudan a componer la fachada exterior del edificio, como puertas, ventanas y terminaciones de cubierta. Cada elemento recibe un código de denominación el cual funcionará para identificar luego exactamente las materialidades, pero en un primer intento se busca conformar el volumen general con la ubicación de sus elementos compositivos. En el caso de elementos significativos como ventanas y puertas, se ha decidido colocar unas estándar en esta primera etapa para lograr demarcar que aquí existe un elemento similar, pero que luego para la etapa de documentación será necesario detallar cada uno de estos elementos para su futura preservación.

Tal como se puede entrever en la imagen 27, se le ha otorgado un nombre y características al muro en cuestión, planteando así los parámetros de identidad de cada elemento. Debido a la falta de información, algunos apartados no han podido ser resueltos pero se ha creado la base para que luego otros componentes de la organización puedan trabajar sobre esta base. Las descripciones otorgadas pueden variar o ser desarrolladas con aún más detalle en el proceso de rehabilitación pero se proponen unas estimativas en primer momento para poder proseguir con las tablas de planificación.

Más adelante, en el caso de elementos como los sensores o iluminación luego colocados, en el apartado de URL se colocará la página web de la tienda en donde han sido comprados y también se detallará la marca de los mismos.

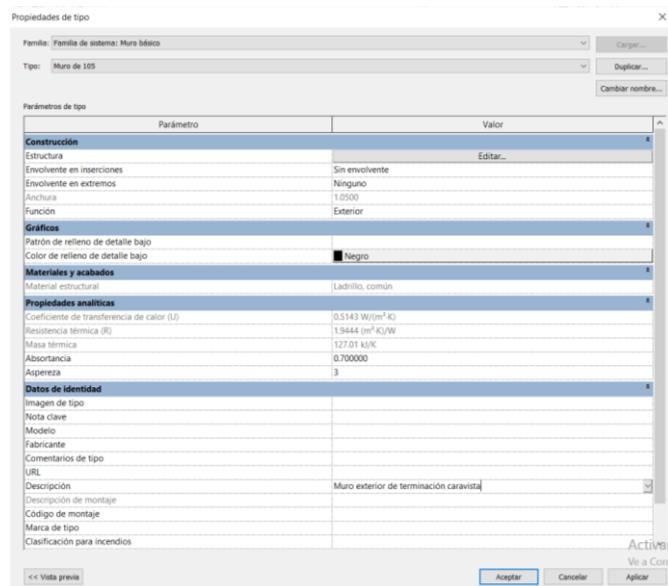


Ilustración 29– Propiedades otorgadas a los elementos compositivos del edificio. Fuente: elaboración propia

A continuación, se procede a designar las diferentes áreas interiores, sectorizando por habitaciones. Esta tarea será útil para el posterior delineamiento de recorridos, en principio de los sensores

colocados y a posteriori, de los recorridos de áreas rehabilitadas y las áreas designadas para visitantes.

En un primer paso se realizó la sectorización por habitaciones para contabilizar ambientes y metros cuadrados, lo que servirá para replantear los sensores en cada una de las habitaciones, como se puede apreciar en la imagen 27 y luego se planteará en la segunda fase a través de otro esquema de colores las áreas que se están reformando de las áreas que pueden ser visitadas por turistas.

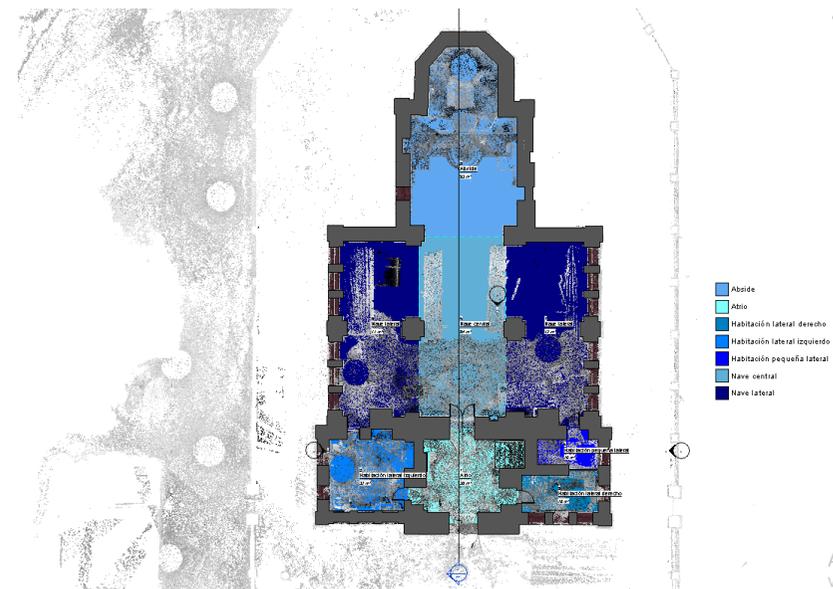


Ilustración 30– Sectorización por habitaciones. Fuente: elaboración propia

Desde este punto también se han podido extraer tablas de planificación como se observa a continuación, lo cual ayudará al facility manager en las diferentes tareas de coordinación. Las tablas de planificación funcionan como otra herramienta beneficiosa de Autodesk Revit, ya que a partir de ellas se puede extraer tablas de información, las cuales enseñan las propiedades de los elementos de un proyecto. En el caso de la designación de habitaciones, no solo servirá para dotar de información al modelo, sino para denominar las áreas a los trabajadores de la organización en la etapa de reclutamiento y aprendizaje sobre la edificación.

<Tabla de planificación de habitaciones>

A	B	C	D
Nombre	Número	Nivel	Área
Atrio	1	Nivel 1	36 m ²
Habitación la	2	Nivel 1	32 m ²
Habitación la	3	Nivel 1	16 m ²
Habitación p	4	Nivel 1	10 m ²
Nave central	5	Nivel 1	84 m ²
Nave lateral	6	Nivel 1	71 m ²
Nave lateral	7	Nivel 1	72 m ²
Abside	8	Nivel 1	93 m ²

Ilustración 32 – Tabla de planificación de habitaciones existentes en el edificio. Fuente: elaboración propia

Esta tarea se llevó a cabo, a su vez, con elementos tales como puertas y ventanas para luego poder llevar un inventario de los mismos en caso de necesitar reparar o reponer alguno de ellos. Una vez planteado y desarrollado todo lo expuesto se procede a cargar el archivo y todos los aquellos concernientes a la edificación en el drive, en este caso FUSION 360.

En primer lugar, el facility manager deberá generar una carpeta dentro de la plataforma donde se cargarán los diferentes archivos acerca de la edificación. Es allí donde se podrá dar acceso a los intervinientes en el proyecto, otorgándoles acceso como editor o visor de acuerdo a las características del puesto de trabajo que desempeñan.

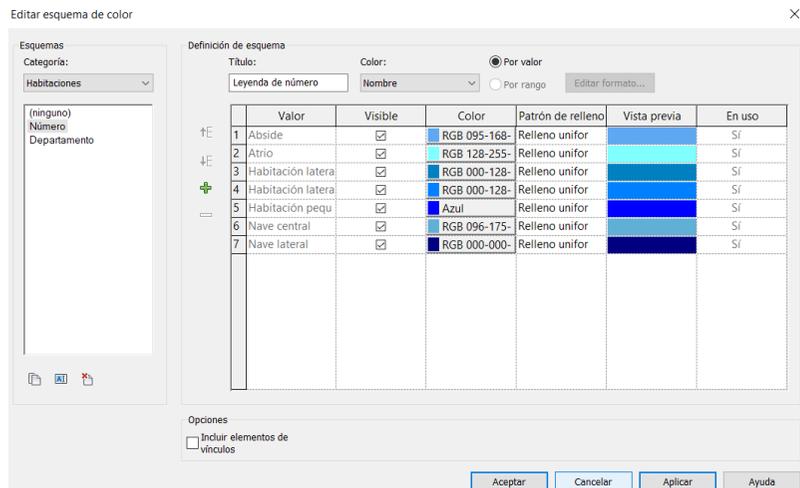
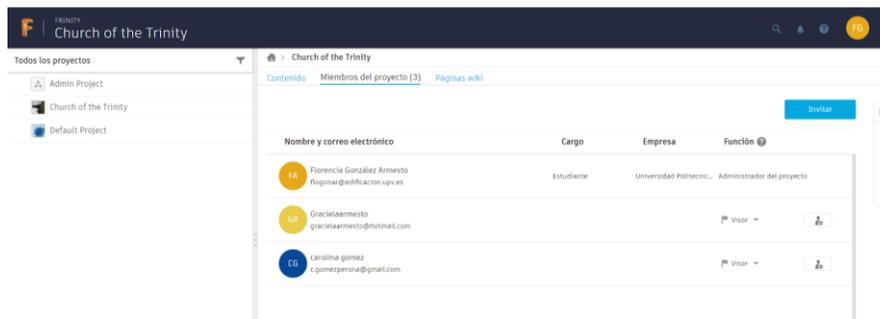
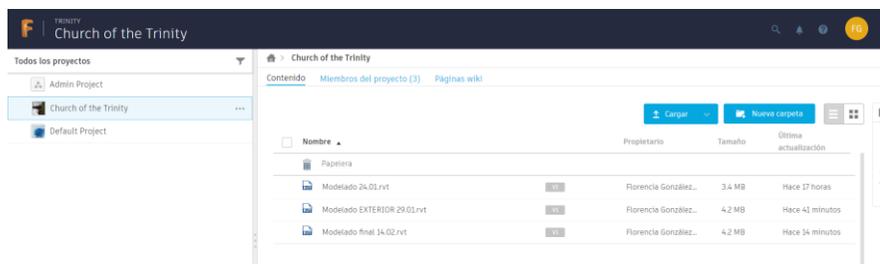
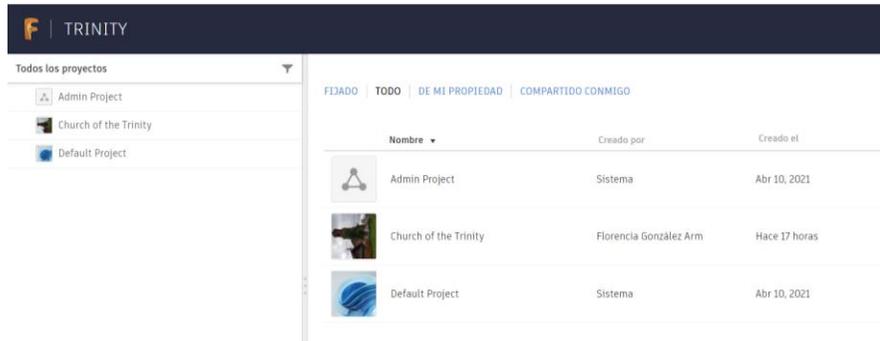


Ilustración 31– Esquema de colores designado a las habitaciones. Fuente: elaboración propia



Ilustraciones 33, 34 y 35– Contenido del drive en la plataforma de FUSION 360. Fuente: elaboración propia.

Cargados los archivos en la plataforma y designados los participantes, se procede a desarrollar los recorridos de sensores dentro de la edificación. Para ello, el facility manager propone una reunión con los especialistas para decidir dónde se colocarán y se utilizará la herramienta de FUSION 360, para marcar donde se colocarán para luego ser trasladado al modelo en REVIT para la documentación de los elementos colocados.

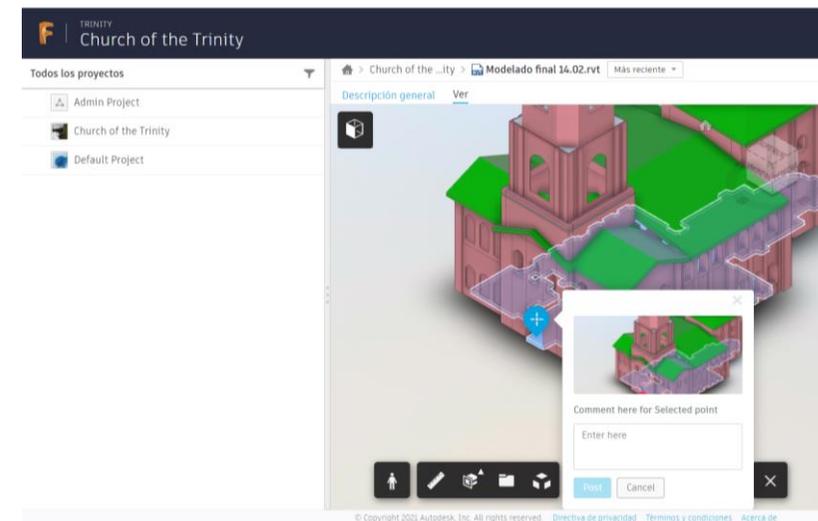


Ilustración 36– Funcionamiento de la plataforma FUSION 360. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 37 – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360. Fuente: elaboración propia.

Mientras se realiza esta tarea, se pondrán en marcha los sensores enlazándolos a la aplicación SMART LIFE; a continuación, se detallará el planteo del recorrido además de la puesta en marcha de los dispositivos.

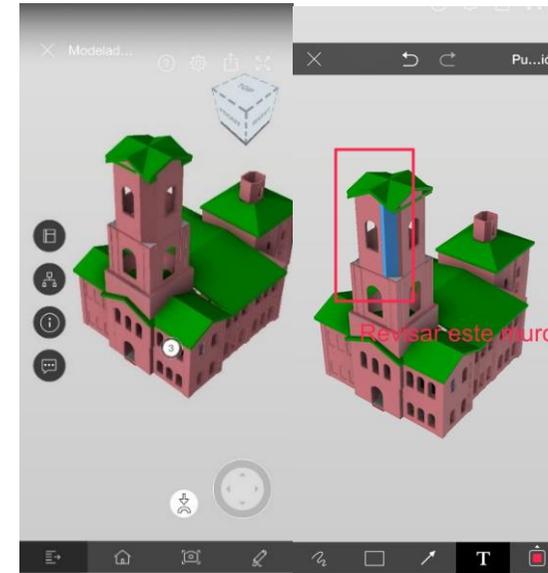
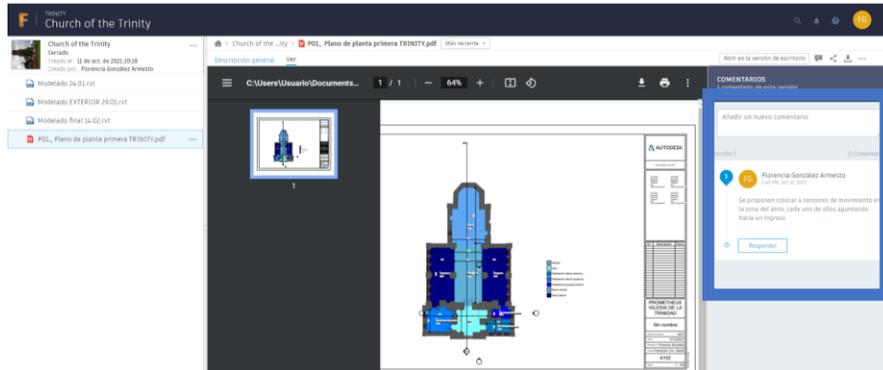
En las últimas imágenes adjuntadas, se puede observar el funcionamiento de la plataforma, que es muy útil para desarrollar las actividades de FM de manera remota. Con el modelado como soporte se pueden marcar en las diferentes áreas del edificio los elementos a los

cuales es necesario referirse, ya sea para decidir si se repone o consultar por el estado de este. Otra gran ventaja de utilizar esta aplicación es que permite la opción de chat virtual, el cual se guarda en la nube y puede ser posteriormente revisado por los participantes de la carpeta. Esto será de gran ayuda para el facility manager porque podrá basar sus decisiones en lo que se comente mediante este medio de comunicación.

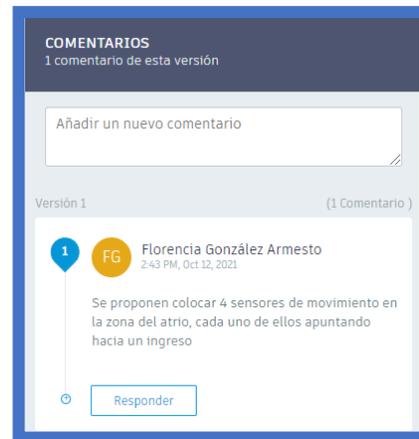
Como se puede apreciar en la ilustración n.º 31, el programa ha simplificado las texturas agregadas al modelo en el software Revit, para permitir que se haga uso de la volumetría de forma más rápida y que no se cargue de información innecesaria la visualización del modelo 3d. Esto será de gran ayuda a la hora de desarrollar las tareas de FM ya que se presentará una volumetría simplificada que servirá de soporte de base de datos, pero permitirá el flujo de comunicación entre las diferentes partes.

Otro aspecto positivo acerca del uso de esta plataforma es que permite utilizarla en formatos de tablet o móvil, facilitando la tarea de los participantes que deben ir al lugar, y de manera rápida y sencilla pueden acceder a un modelo de la edificación y corroborar in situ si la información asignada a cualquier objeto o elemento de la edificación es correcta. Tal como en la versión de ordenador, se pueden realizar comentarios acerca

de un elemento en particular simplemente señalando y dejando por escrito el inciso acerca de ese objeto.



Ilustraciones 38 y 39 – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360 con archivos de pdf. Fuente: elaboración propia.



Ilustraciones 40 y 41– Funcionamiento de la plataforma FUSION 360 desde el móvil. Fuente: elaboración propia.

Cualquier individuo con acceso a un móvil o tablet puede hacer uso de esta aplicación ya que es realmente muy intuitiva y no implica un aprendizaje exhaustivo del algún tipo de software. Esto facilita la tarea de coordinación del facility manager ya que no necesita invertir tiempo en enseñar un nuevo programa a los trabajadores, y es posible reutilizar modelos de softwares mucho más complejos los cuales son simplificados

para que lo puede utilizar cualquier usuario de la interfaz, por tanto, no es necesario que el usuario esté familiarizado con BIM.

La gran mayoría de los participantes en este supuesto de trabajo de investigación no conocen de las herramientas BIM, a excepción de la dirección facultativa que se encargará de la rehabilitación del inmueble; es por ello, que es de suma importancia para el facility manager comunicarse mediante una herramienta que sea de fácil uso y mantenimiento.

Al finalizar de desarrollar esta primera etapa se debe actuar para solucionar el mayor problema de esta fase, la preservación digital. Como se mencionó en apartados anteriores existen muchos problemas en los documentos que se almacenan como parte de la base de datos dentro de un proyecto arquitectónico. Esto se debe principalmente a la inconexión o disociación de los archivos, la virtualidad o separación de los módulos que los componen, además de la capacidad de modificar los componentes dentro de la interfaz.

Será la tarea del facility manager de generar listas de verificación en donde pueda comprobar que la edición, mantenimiento y actualización de los documentos de la base de datos se realicen de manera correcta.

ETAPA 2 – REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO

Debido a que la volumetría general se ha modelado para la primera etapa de este trabajo de investigación, para esta segunda fase se procede a realizar el modelado de un sector significativo del patrimonio a preservar, el cual luego servirá como base de protocolo de pasos a seguir para realizar de la manera más correcta y precisa la volumetría en 3D.

Como se mencionó anteriormente, para realizar de manera correcta el modelado del patrimonio, se debería contar con información de las diferentes fases de construcción para dejarlas plasmadas en el modelado. Dado a que no se cuenta con esta información, todo el desarrollo del modelado se dejará constatada en la fase existente, y todo nuevo elemento rehabilitado o que se repone se colocará en fase 1 – construcción nueva.

En cuanto al sector a modelar, se ha decidido realizar una de las naves ortodoxas laterales, con sus bóvedas de aristas y ornamentaciones típicas de arquitectura religiosa. Al mismo tiempo, se instará a la creación de familias de las ventanas que adornan esta iglesia en todos sus laterales. Luego se procederá, a detallar el protocolo de modelado del resto de la volumetría. Esto ayudará a los encargados de la rehabilitación ya que el modelado no sólo estará compuesto de la volumetría general de la

edificación, sino que también contendrá información sobre las patologías existentes, materiales utilizados en la construcción de la iglesia, además de las fases de construcción de la misma.

Para ello se ha decidido dotar al ala de la nave lateral izquierda de más información para poder proceder con las tareas de restauración del patrimonio. La decisión de realizar este espacio se debe a muchas razones, siendo la primera el significado de este espacio para los usuarios de las iglesias.

Respecto al primer paso a llevar a cabo, el del modelado de la nave lateral izquierda, se debe comentar que la misma fue elegida debido a la complejidad del modelado de las bóvedas de aristas y las decoraciones que se encuentran sobre cada uno de los pilares, que se asemejan a la tipología de molduras.



Ilustración 42– Nave lateral izquierda, sector elegido para modelar. Fuente: imagen otorgada por el grupo PROMETHEUS.

En relación a porque se ha decidido el modelado más detallado de la nave lateral, se debe básicamente a que se trata de un espacio significativo de la edificación, además de contener componentes importantes que conforman la estructura principal del edificio, es decir, se modelará pilares, arcos y las bóvedas de aristas.

Al mismo tiempo es porque con el modelado de este espacio, se pueden comenzar a componer también volumetrías más complejas de fachada; por tanto, se logra el modelado de ambos elementos exteriores e interiores.

El primer paso a realizar sería el modelado de los pilares, inmediatamente se pasaría a las vigas que en este caso serían los arcos para luego conformar las bóvedas y muros circundantes; y, por último, se desarrollan soleras y cubiertas. Para este caso en particular se deprecian las cimentaciones, ya que no se cuenta con información suficiente. Tal como se puede apreciar en la ilustración nº 35, se ha realizado una sección transversal para poder realizar el trabajo de manera mucho más rápida, siempre corroborando que los elementos se sitúen correctamente en planta y en sección.

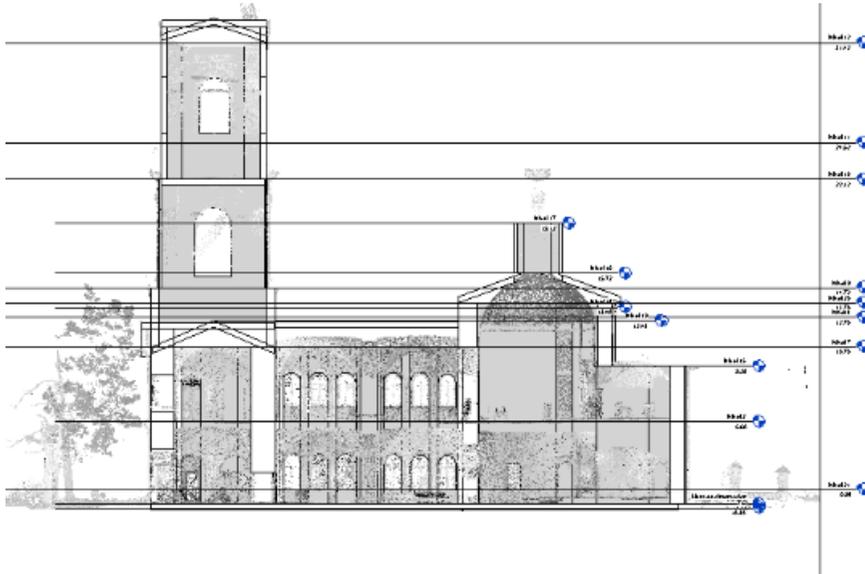


Ilustración 43 – Sección transversal de la Iglesia de la Trinidad, donde se pueden apreciar el comienzo del modelado sobre la nube de puntos conformada. Fuente: Elaboración propia.

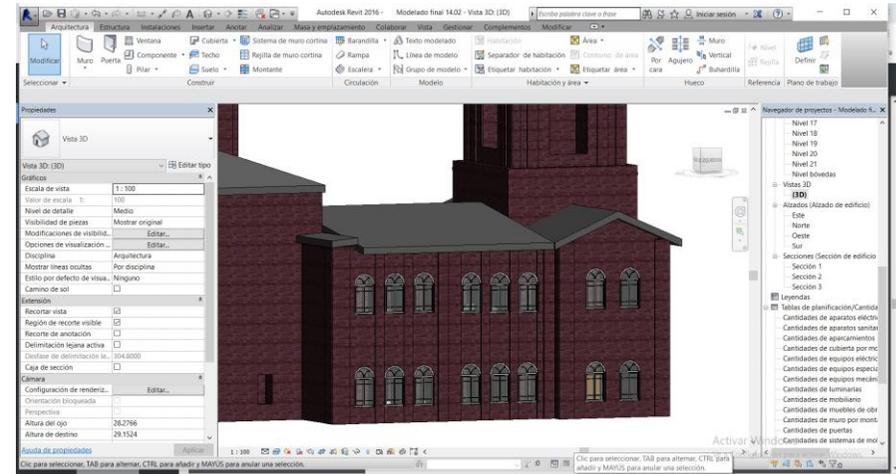


Ilustración 44– Modelado exterior de fachada lateral correspondiente a la nave lateral izquierda. Fuente: Elaboración propia.

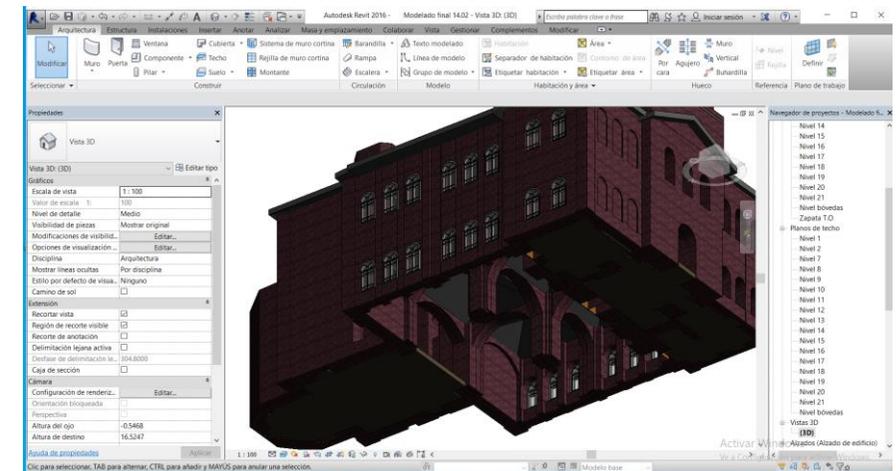


Ilustración 45 – Modelado interior de las naves laterales, con sus bóvedas de aristas tan características. Fuente: Elaboración propia.

Como se comentó anteriormente, se llevó a cabo el modelado de las ventanas existentes en las fachadas de las naves laterales. Debido a que se trata de un modelado un tanto difícil de realizar, ya que cuenta con un arco de medio punto en la cúspide de la ventana y el marco en su parte superior acompaña con la curva del arco, se procedió a modelarlo para que luego el equipo de rehabilitación contará con un elemento significativo de la edificación, con sus características principales, tales como dimensiones y materialidad.



Ilustración 46– Ventana seleccionada para crear una familia parametrizada. Fuente: imagen otorgada por el grupo PROMETHEUS.

Como se puede apreciar en las ilustraciones n.º 47 y 48, se ha logrado parametrizar esta familia, para que luego cualquier persona nueva que entre a la organización y se ponga en contacto con el modelado, pueda saber las características generales de esta abertura. Una herramienta muy potente dentro del Autodesk Revit es la capacidad de generar parámetros que aportan propiedades al tipo de dicha familia; a tal punto que se pueden generar fórmulas y funciones de determinadas variables para definir el parámetro en cuestión, tal como se puede apreciar en la imagen n.º 48.

Una herramienta muy potente dentro del Autodesk Revit es la capacidad de generar parámetros los cuales le aportan propiedades al tipo de dicha familia; a tal punto que se pueden generar fórmulas y funciones de determinadas variables para definir el parámetro en cuestión, tal como se puede apreciar en la imagen n.º 48.

En el caso de este ejemplo en particular, se le concedió la materialidad de madera de nogal envejecida pintada de blanco y se han configurado dentro de los parámetros los espesores de marco y travesaños exteriores e internos, configurando así la totalidad de la abertura.

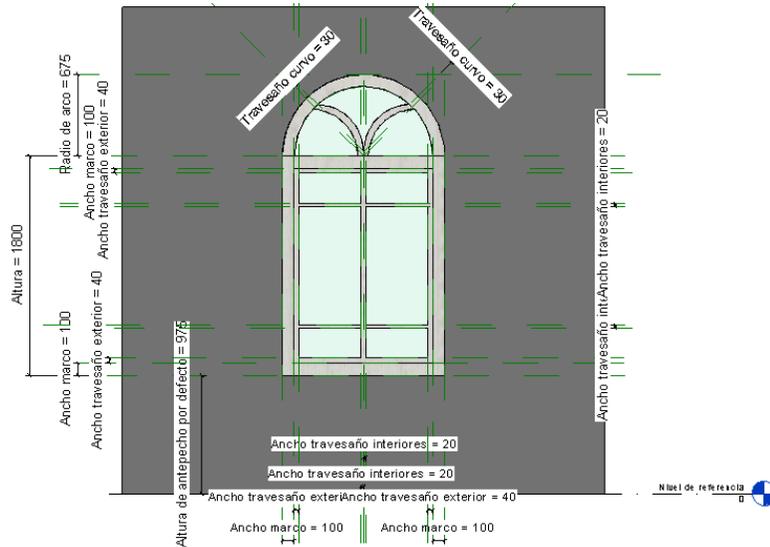


Ilustración 47 – Familia de ventana parametrizada. Fuente: elaboración propia.

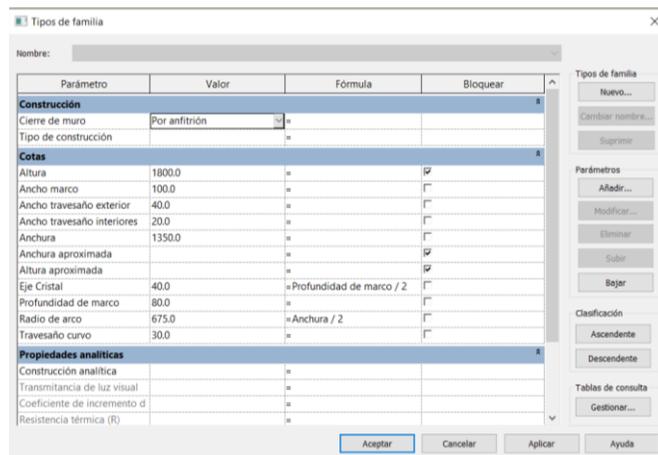


Ilustración 48 – Parámetros concedidos a la familia creada. Fuente: elaboración propia.

Una vez se finaliza el proceso de modelado del sector elegido, la nave lateral izquierda, y la creación de la familia parametrizada elegida, se procede a detallar el protocolo a llevar a cabo para realizar un modelado 3D de la edificación con suficiente detalle e información, que le permita al equipo de rehabilitación recuperar los elementos de la edificación que se encuentran dañados o mal preservados.

Para esta fase será necesario recolectar la mayor información posible, ya que sólo con la ayuda de la fotogrametría y la nube de puntos no será posible completar la etapa siguiente, de rehabilitación de la edificación. Los pasos que seguir a continuación demarcan las tareas que se deben realizar para lograr concretar un modelado completo que sirva como base de datos para la rehabilitación de la edificación.

- 1- Documentación exhaustiva de la edificación: Recolectar datos acerca de la historia y geometría de la edificación, además de los cambios que fue presentando en las diferentes épocas de la historia.
- 2- Diferenciación de los materiales utilizados y los elementos constructivos empleados (cimentación, muros y contrafuertes, bóvedas y cubiertas.)

- 3- Nueva toma de datos, de forma manual y mecánica. Para corroborar la documentación anterior.
- 4- Realizar la nueva nube de puntos en Autodesk Recap y reutilizar datos de las realizadas anteriormente.
- 5- En Autodesk Revit, se procederá a delimitar los nuevos niveles en la nube de puntos, tomando como base la masa de muros configurada para la primera etapa del trabajo de investigación.
- 6- Se compondrá la nueva estructura en el siguiente orden, pilares estructurales, vigas (arcos), muros laterales, bóvedas de arista, cimentación y, por último, las cubiertas.
- 7- El grupo encargado del modelado se dividirá en dos equipos para completar el modelado volumétrico de las ornamentaciones interiores y exteriores, como molduras, esculturas religiosas y torreones.
- 8- Se terminarán las tareas de modelado colocando elementos de iluminación y equipamiento interno. A su vez, se realizará el modelado de la urbanización exterior de la iglesia, el cual comprende en su mayoría el vallado circundante.
- 9- Por último, se realizará la tarea de etiquetado de los elementos que componen la edificación. De esta manera, se tendrá conocimiento de dimensiones y características de los

elementos como, por ejemplo, donde ha sido comprado. Al mismo tiempo, se realizarán planillas con las patologías que sufre la edificación, la cual será cargada al Drive de la organización. En estas planillas se podrá observar fotografías de las patologías, la localización de las mismas, una breve descripción de lo que se observa, posibles causas de porqué está ocurriendo y las intervenciones o actuaciones aconsejables para enmendarlo.

ETAPA 3 – GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y FUTURA GESTIÓN DE VISITANTES

En primer lugar, se tomará el modelado básico para continuar con la asignación de habitaciones. A diferencia de la primera sectorización, para esta etapa se procederá a realizar dos sectorizaciones extras, en una designando los ambientes con sus sensores correspondientes, y en otra realizando el recorrido de evacuación de la edificación (la sectorización de cada ambiente se encuentra en la sección de ANEXOS).

Una vez colocados los sensores, como se puede ver en la imagen 49, se procede a realizar el detalle de las características de cada sensor en propiedades del tipo, para que cada persona interviniente encargada del mantenimiento sabrá donde presentarse para un recambio del mismo.

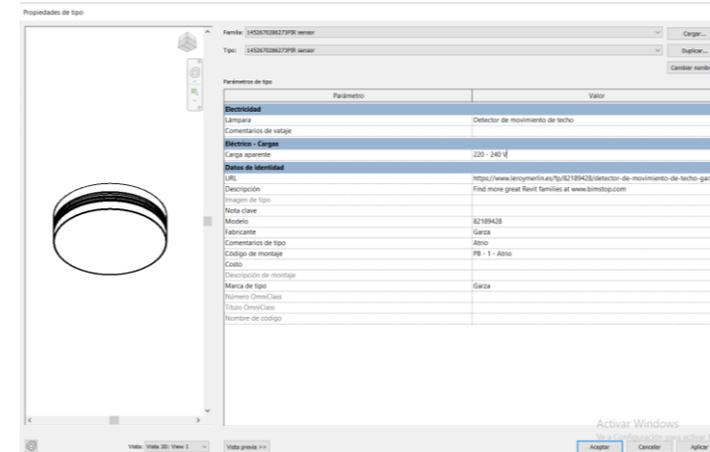


Ilustración 49 – Propiedades del tipo – sensor de iluminación. Fuente: elaboración propia.

Inmediatamente, luego de haber planteado el recorrido de los sensores dentro de la edificación, se procede a generar los listados de inventarios los cuales serán enlazados al modelo. A continuación, se detallan los sensores a colocar junto a la descripción en detalle de las características de cada elemento. Al mismo tiempo, se adjunta la planilla de inventario con una ejemplificación. La misma será enlazada con el modelo y los participantes tendrán acceso a ella de acuerdo con las características de su puesto de trabajo y si realmente necesitan contar con ella. Esto como se explicó es modo de ejemplo, para entender cómo se debería desarrollar el resto de

las planillas, y como se debería plantear un sistema para que las mismas estén actualizadas semanalmente.

SENSORES

- Sensor de movimiento
- Sensor de humedad
- Sensor detector de humo
- Sensor de iluminación
- Sensor de climatización

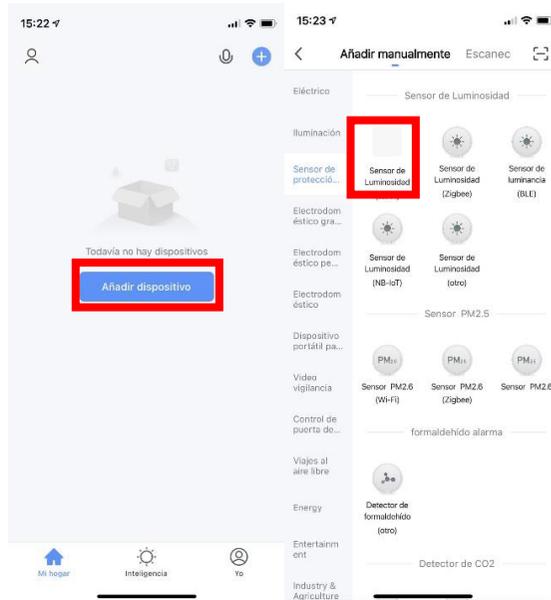
DETECTORES DE MOVIMIENTO					
PLANTA	HABITACIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS	REFERENCIA	FECHA DE PUESTA EN MARCHA	DONDE SE COMPRO
BAJA	ATRIO	4	72619 / SNSWFFTY	12/10/2021	EFECTO LED
	NAVE CENTRAL	12	72619 / SNSWFFTY	12/10/2021	EFECTO LED
	NAVE LATERAL	12	72619 / SNSWFFTY	12/10/2021	EFECTO LED
PRIMER PISO	-	-	-	-	-
CUBIERTA	-	-	-	-	-

Ilustración 50 – Planilla de inventario de detectores de movimiento en la situación actual. Fuente: elaboración propia.

Una vez planteado esto, mientras se actualiza el modelado de Revit con la ubicación de los sensores y su descripción particular, se procede a la puesta en marcha de los sensores in situ. Como se puede apreciar en las ilustraciones 51 y 52 adjuntadas, al utilizar la aplicación SMART LIFE la persona encargada de la puesta en marcha de los sensores deberá cargar cada dispositivo de manera manual eligiendo de acuerdo con el tipo de sensor que se está por instalar. Los pasos que seguir para cumplir con el proceso son los que se detallan a continuación:

- 1- Conectarse a la red, la aplicación debe estar conectada a la misma red de wifi que se conectarán los dispositivos.
- 2- Verificar que se reinicia el dispositivo a instalar, la luz de cada uno de los dispositivos debe encontrarse de color verde.
- 3- Escaneo del dispositivo, para enlazarlo así con la aplicación.
- 4- Registro del dispositivo en la nube
- 5- Se inicia el dispositivo y la puesta en marcha se da como exitosa.

Las próximas imágenes adjuntadas muestran el paso a paso a seguir para lograr una puesta en marcha exitosa de cada uno de los dispositivos.

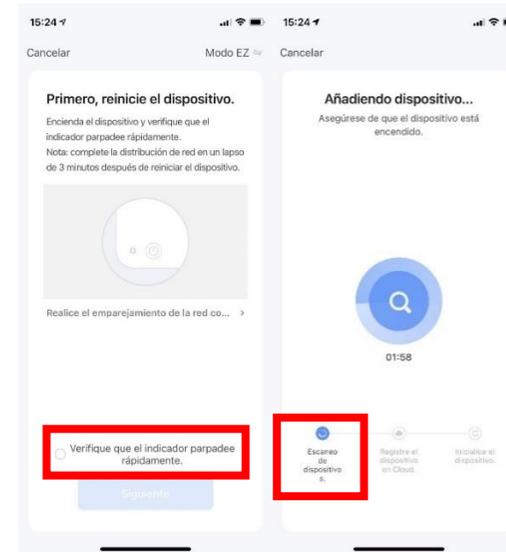


Ilustraciones 51 y 52 – Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.

Esta tarea deberá ser verificada mensualmente por el encargado del edificio, el cual deberá llevar las planillas actualizadas respecto a los sensores, y cualquier otro elemento que se instale en el edificio. En las reuniones semanales que se realicen con el facility manager deberá exponer los estados de cada uno de los elementos componentes del edificio y cualquier cambio que exista debe ser remitido al facility manager para que este mismo imparta y controle quién debe actualizar la

información en la nube y corroborar que la tarea ha sido realizada correctamente.

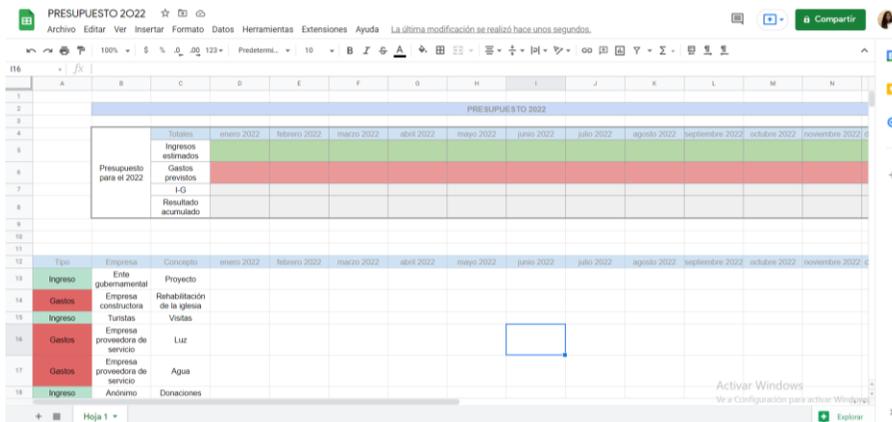
Una propuesta de mejora respecto a esta planilla en particular sería la de cargarla en Google Sheets, ya que de esta manera se cargaría a la nube, todos los integrantes de la organización o los encargados puntuales de la actividad podrán interactuar mediante los canales de comunicación, logrando así que la planilla sea mucho más compleja y se encuentre siempre actualizada.



Ilustraciones 53 y 54 - Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente respecto al uso de Google Sheets para contar con las planillas en una plataforma en la nube, la cual se actualiza constantemente y varios usuarios pueden acceder a ella, se insta a desarrollar las planillas de gestión del mantenimiento en esta plataforma.

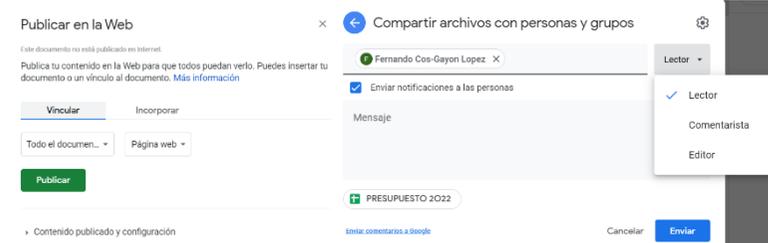
Como se puede apreciar en las imágenes adjuntadas a continuación, se desarrollaron planillas del presupuesto anual de la organización, para así poder corroborar si la misma es rentable. La plataforma de Google Sheets permite no sólo desarrollar las planillas tal como en Microsoft Excel, pero también compartir archivos con diferentes usuarios, concediéndole a los mismos permisos de edición o lectura,



PRESUPUESTO 2022													
			enero 2022	febrero 2022	marzo 2022	abril 2022	mayo 2022	junio 2022	julio 2022	agosto 2022	septiembre 2022	octubre 2022	noviembre 2022
	Ingresos estimados												
	Gastos previstos												
	Resultado acumulado												

Tipo	Empresa	Concepto	enero 2022	febrero 2022	marzo 2022	abril 2022	mayo 2022	junio 2022	julio 2022	agosto 2022	septiembre 2022	octubre 2022	noviembre 2022
Ingreso	Estado gubernamental	Proyecto											
Gastos	Empresa constructora	Rehabilitación de la iglesia											
Ingreso	Empresa constructora	Turistas											
Gastos	Empresa proveedora de servicio	Luz											
Gastos	Empresa proveedora de servicio	Agua											
Ingreso	Anónimo	Donaciones											

Ilustración 55 - Planilla en Google Sheets donde se puede observar el presupuesto anual 2022 de la organización. Fuente: elaboración propia.



Ilustraciones 56 y 57 - Posibilidad de publicar en la web los archivos realizados y conceder permisos de edición. Fuente: elaboración propia.

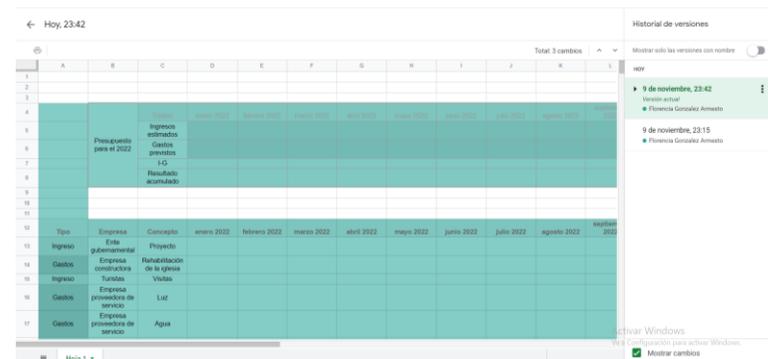


Ilustración 58 Historial de versiones y ediciones de Google Sheets. Fuente: elaboración propia

publicar estos archivos en la web, los cuales siempre estarán actualizados; y, por último, la posibilidad de revisar el historial de versiones y ediciones,

en donde se podrá recuperar planillas anteriormente realizadas y examinar quién ha editado la última versión ya que, si la misma no es correcta, el encargado de editarla deberá realizar las correcciones correspondientes.

Al mismo tiempo, se agregaron nuevos parámetros a las herramientas de habitaciones e información del proyecto, como los encargados de cada sector donde se podrá ver las actividades que realizan y el contacto de los mismos, en caso de avería o reparación de los elementos componentes de la edificación.

A su vez, los mismos pueden ser vinculados a datos de identidad, para lograr así un detalle más exhaustivo del modelado. Lo mismo se puede lograr con las tablas de planificación, en donde se asocia las distintas áreas del edificio con los encargados de cada una de ellas.

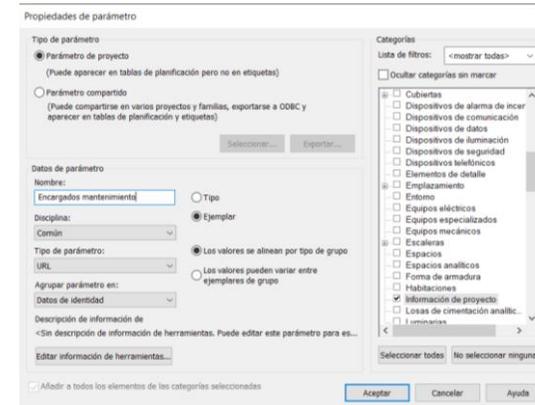


Ilustración 59 Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.

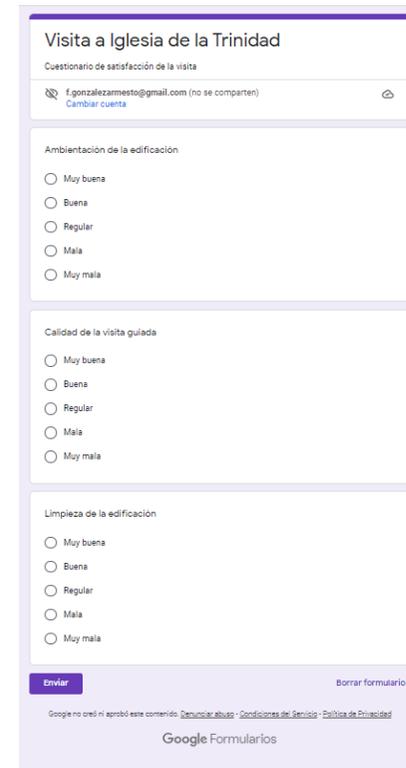
En cuanto a la gestión de visitantes, se propone tomar el modelado 3D del edificio para ser utilizado como una guía virtual, la cual pueda ser visualizada mediante una pantalla táctil o Tablet. En la misma se propone que se proyecte una aplicación que funcione como contabilizador de visitantes. Esto ayudará a que no se congestione la edificación, y también servirá para contabilizar los tiempos de recorrido.

Se propone también que alrededor del recorrido existan diferentes códigos qr, los cuales podrán ser identificados en el modelado y etiquetados, en donde no sólo el visitante pueda extraer información simplemente escaneando cada uno de los códigos, sino que se podrá

calcular aproximadamente el tiempo que le dedica el visitante a cada uno de los sectores.

Al mismo tiempo se ha creado un formulario Google, como se puede apreciar en la ilustración 60, el cual está entrelazado a la plataforma Google Sheets de la organización, el cual se actualizará en el Drive central. En este formulario se realiza un cuestionario de preguntas que ayudarán a mejorar la experiencia, ayudando así a las tareas del facility manager.

Al encontrarse vinculado con Google Sheets, se podrán extraer los resultados más repetidos y ver donde se está fallando para cambiarlo, y donde se está cumpliendo con los objetivos, y mantenerlos.



Visita a Iglesia de la Trinidad
Cuestionario de satisfacción de la visita

f.gonzalezarmesto@gmail.com (no se comparten)
[Cambiar cuenta](#)

Ambientación de la edificación

Muy buena
 Buena
 Regular
 Mala
 Muy mala

Calidad de la visita guiada

Muy buena
 Buena
 Regular
 Mala
 Muy mala

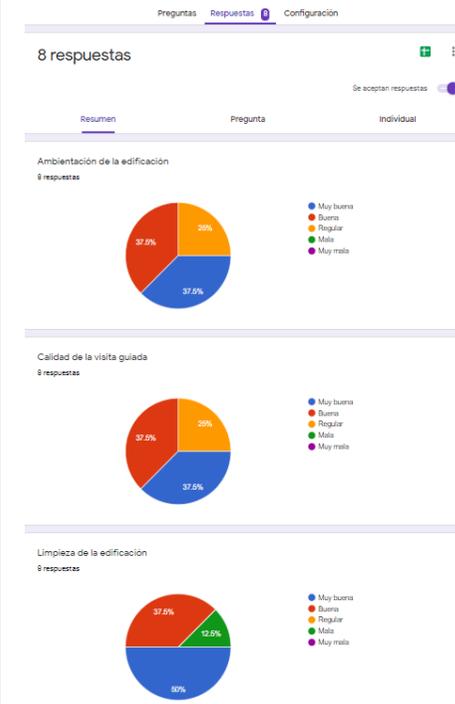
Limpieza de la edificación

Muy buena
 Buena
 Regular
 Mala
 Muy mala

[Enviar](#) [Borrar formulario](#)

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) · [Condiciones del Servicio](#) · [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Ilustraciones 60 y 61- Formulario Google y las respuestas del cuestionario de satisfacción de la visita a la iglesia. Fuente: elaboración propia.

5.3. Consideraciones a ponderar

Aunque se han nombrado varias ventajas en el trabajo de investigación respecto a la implementación del BIM en la gestión del Facility Management en edificios patrimoniales, existen algunos problemas que deben ser tenidos en cuenta por el Facility Manager de la organización ya que, de no ser realizadas las tareas de FM mediante el BIM de manera correcta, afectarán aún más las tareas de coordinación que se están intentando simplificar.

Por un lado, es necesario plantear buenos canales de información y comunicación entre las partes, especialmente si se intenta desarrollar las actividades de manera remota. Es de suma importancia que la información que cada participante otorgue sea fidedigna para que el trabajo de actualización de la nube y el modelado pueda ser de ayuda en la toma de decisiones para el facility manager.

Sera la tarea del manager implementar protocolos de como actuar en situaciones conflictivas o de riesgos, e instruir al equipo en las maneras de actuar en caso de que ocurran estas eventualidades.

Es por ello que la tarea de realizar la matriz de responsabilidades desde un comienzo y realizar evaluaciones de desempeño dentro del personal,

ayudarán al resultado final de las actividades de mantenimiento de la edificación.

Por otro lado, el alcance no sólo del modelado sino de todo el proyecto debe ser delineado en primeras instancias. Para este trabajo de investigación será muy necesario decidir el grado de detalle a modelar, ya que de esta manera se acortarán plazos y se realizarán las tareas que son solo necesarias.

Esto generará un ahorro substancial de tiempo y dinero, el cual podrá ser aprovechado en otros aspectos. El modelado de la volumetría, al tratarse de la pieza central a la cual se le irá cargando información en todo el proceso del proyecto, debe ser realizado a conciencia e intentar simplificar los contenidos e información que se le añade, para lograr convertir las tareas del facility management en procesos rentables y que aporten valor a la organización.

El hecho de que la edificación se encontrará ubicada en un sitio tan lejano ha implicado algunos problemas en el proceso de este trabajo de investigación. Para la toma de datos, por ejemplo, hubiera sido de gran ayuda poder visitar la iglesia para poder cotejar las técnicas de fotogrametría y escáner láser con técnicas manuales.

A su vez, la falta de bibliografía sobre historia y los tipos de elementos constructivos que utilizaban en la época que, aunque se pueden intuir por las fotografías recibidas, podrían haber sido de gran ayuda para dotar de información al modelado.

En fin, el problema principal respecto a este trabajo será y ha sido la recolección de información para el relevamiento de la edificación, principalmente por el tiempo y los recursos invertidos. Todo lo anteriormente mencionado convierte a la tarea de realizar el modelo as built, con la información necesaria para realizar las tareas de FM y rehabilitación del patrimonio, en un proceso largo y complejo.

6. Conclusiones

Como sabemos el Facility Management es una pieza clave en el proceso de una edificación, ya que se trata de la gestión de la función principal de la edificación, la gestión de las actividades que apoyan al uso y disfrute del inmueble, es por ello que debe ser tenido en cuenta desde los comienzos del proceso de diseño de la edificación.

En el caso particular de nuestro trabajo de investigación, al tratarse de una edificación ya construida, lo expuesto anteriormente no se ha podido llevar a cabo, ya que se trata de una inmueble añejo. Es por tanto que los trabajos de recolección y modelado de la edificación son más extenuantes, ya que, al tratarse de una edificación antigua, la misma no ha podido ser digitalizada desde el comienzo de su proyección e ideación.

Es por ello que, luego de analizar el resultado obtenido al finalizar el caso práctico, se puede concluir que el proceso de modelado y recolección de datos toma mucho tiempo y es bastante complejo. El hecho de obtener la información, luego examinar y diferenciar cuál nos servirá de la que no, implica mucho tiempo invertido en estas tareas, por eso se considera necesario implementar protocolos estandarizados que ayuden en acortar estos plazos de actuación.

Uno de los aspectos más importantes que he sustraído del trabajo de investigación, es la importancia de la preservación digital para todas las tareas dentro de un proyecto, pero específicamente para la de gestión del mantenimiento. Es por ello que el mismo debe ser reglado y estandarizado para que no se pierda información importante; esto se logrará buscando una unificación y simplificación de los conceptos que se le otorgan a la base de datos.

Una vez se ha documentado todo lo necesario respecto a la edificación, es decir lo necesario para desarrollar cada fase o etapa de proyecto, es posible comenzar a proponer las mejoras propuestas en el área de FM. La generación de pautas de trabajo y guías de seguimiento y control permitirán que, aunque se traten de propuestas rudimentarias, mejoren sobre maneras las tareas de gestión de mantenimiento del patrimonio. Mediante listados de verificación y planillas de control se podrá llevar un conteo de lo que ocurre en la edificación, y nos permitirá analizar los diferentes aspectos de las actividades que se realizan allí, permitiéndonos exacerbar las positivas y minimizar las negativas, mejorando de esta manera la rentabilidad de las operaciones.

Al tratarse de un proyecto de tan gran envergadura y dificultad, principalmente por tratarse una tipología religiosa de un bien patrimonial,

será de suma importancia para el manager de la edificación saber delegar en equipos de especialistas para cada tarea específica, para aminorar la carga de trabajo y para que la carga de información sea la correcta y permita extraer datos fehacientes para la toma de decisiones.

En relación a las tecnologías utilizadas, mencionar que para que el trabajo de recolección de la información sea más competo, será necesario combinar las técnicas manuales de aquellas automáticas. En cuanto al uso de Autodesk Revit y herramientas BIM para llevar a cabo el modelado y parametrización del edificio, aunque se ha tratado de un proceso prolongado, las mejoras que se pueden extraer luego convierten a la labor de documentación en un proceso meritorio. Pero que solo se logrará con la implantación de procesos de coordinación de agentes intervinientes y protocolos de actuación en favor de la búsqueda de la mejora continua.

Respecto a las futuras líneas de investigación para continuar indagando con esta temática, será la búsqueda de estandarización de los procesos que la organización esté llevando a cabo. Para ello será necesario generar una lista del paso a paso realizado en este estudio, intentando separar aquellos pasos generales de los más específicos, para lograr así un protocolo de actuación genérico que funcione para diferentes tipos de edificaciones, y que luego se profundicen de acuerdo con las características más concretas

de cada edificio. Una vez se haya realizado, se procederá a agregar en el archivo base de un plugin u add-on que funcione para identificar pasos similares entre diferentes edificaciones. De esta manera, se genera así un patrón el cual es almacenado y puede luego ser extraído para reutilizar en otros proyectos, por ende, se acortarán plazos de trabajo en las edificaciones siguientes.

Al mismo tiempo sería interesante plantear que existan modelado para cada tipo de disciplina. De este modo, se le entregará a cada especialista o encargado la información necesaria para realizar sus tareas, y de tener demasiada información que no ayude y quizás confunda a los operarios. Por ende, solo el facility manager tendría acceso a cada uno de los archivos con cada uno de los modelados, evitando así que los archivos se ralenticen debido al volumen de información que se les ha otorgado.

Por último, y con el avance de las tecnologías, sería proseguir con la búsqueda continua de la automatización de los procesos planteados en este trabajo de investigación. Por consiguiente, esto implicaría que los procesos de recolección de información, modelado de la volumetría y posterior restauración y gestión del mantenimiento de la edificación dependerían del uso correcto de estos protocolos, y no de las personas encargadas de ellos.

7. Bibliografía

7.1. Referencias bibliográficas

- a) Angás Pajas, J. y Serreta Oliván, A. (2012) Métodos, técnicas y estándares para la documentación geométrica del patrimonio cultural. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/4229174>
- b) Atkin, B. y Brooks, A., 2000. *Total Facilities Management*. Cornwall, Reino Unido. Blackwell Science
- c) A. Agapiou, 2015. *Cultural heritage management and monitoring using remote sensing data and GIS: The case study of Paphos area, Cyprus*.
- d) Building SMART International. Solutions and Standards. Disponible en: <https://www.buildingsmart.org/standards/> (Acceso web: 18/04/2021)
- e) Building SMART Spain. ¿Qué es BIM? Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bim/> (Acceso web: 12/04/2021)
- f) Collado, V; Montoya, G; Sanz, J., 2019. Valor añadido de Facility Management. Madrid, España. IFMA España.
- g) Fateeva, E., Badenko, V., Fedotov, A. y Kochetkov, I. 2018. System analysis of the quality of meshes in HBIM. (artículo)
- h) García Vilas V., Cos-Gayón López F. (2018) Optimización del Facility Management a través de la implementación de BIM en edificios existentes. (artículo)
- i) Historic England. 2017. BIM for Heritage Developing a Historic Building Information Model.
- j) ICOMOS Comité Nacional Español. Disponible en: <https://icomos.es/que-es-icomos/> (Acceso web: 17/05/21)
- k) IFMA - International Facility Management Association, 2019. What is Facility Management? Disponible en: <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management> (Acceso web: 28/03/2021)
- l) Instituto Andaluz de Patrimonio Arquitectónico, 2011. “Recomendaciones Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales” Consejería de Cultura de la Junta Andaluza
- m) Issa, R.; Olbina, S., 2015. Building Information Modeling: Applications and practices. Virginia, EEUU. American Society of Civil Engineers.
- n) LIN, Y.C., C.P. LIN, H.T. HU y Y.C. SU, 2018. Developing final as-built BIM model management system for owners during project closeout: A case study. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 36, no. febrero, pp. 178-193.
- o) Magee, G.H., 1988, *Facilities Maintenance Management*. Kingston, Estados Unidos. RSMears
- p) Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, 2020. ESHORIZONTE 2020. Portal español del Programa Marco de Investigación

- e Innovación de la Unión Europea. Disponible en: <https://eshorizonte2020.es/> (Acceso web: 15/03/2021)
- q) National Institute of Building Sciences. (2021). What is BIM. Disponible en: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs> (Acceso web: 12/04/2021)
- r) Noguera Giménez, J.F.; 2006. *Cartas de Restauración del Patrimonio Arquitectónico. Historia y estudio comparativo*. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV.
- s) Nuñez, M.; 2014. *El patrimonio turístico como un instrumento para la divulgación, la valoración y la educación cultural*. (artículo google scholar)
- t) Rondeau, E.; Brown, R. & Lapedes, P; 2006. *Facility Management - Second Edition*. New Jersey, Estados Unidos. John Wiley and Sons Inc.
- u) Sabol, L; 2013. *BIM for Facility Managers*. (artículo google scholar)
- v) Salvador García, E; 2020. Protocolo HBIM para una gestión eficiente del uso público del patrimonio arquitectónico. Tesis doctoral UPV
- w) Tarrafa Silva, A., Pereira Roders, A., CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT AND HERITAGE (IMPACT) ASSESSMENTS
- x) Teicholz, P.; 2013. *BIM for FACILITY MANAGERS*. New Jersey, Estados Unidos. John Wiley and Sons Inc.
- y) UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural 197*. Disponible en: http://portal.unesco.org/es/ev.phpURL_ID=13055%26URL_DO=DO_TOP_IC%26URL_SECTION=201.html (Acceso web: 15/05/21)
- z) Università degli Studi di Pavia; Perm National Research Polytechnic University; Universidad Politécnica de Valencia. EUH2020 – PROMETHEUS. Disponible en: <https://prometheush2020.eu/> (Acceso web: 12/04/2021)

7.2. Citas en idioma original

- a) “Building Information Modeling (BIM) has become a significant area of endeavor in the architecture, engineering and construction (AEC) industry that has transcended all disciplines. The models generated from BIM are being used for analysis and design of buildings as well as infrastructure. The ability to integrate schedule and cost data with the analysis and design process in BIM has made it a very popular tool in the AEC industry.” (Issa R. et al, 2015, pág. III)
- b) “A BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such, it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its lifecycle from inception onward.” If implemented, nearly every piece of information that an owner needs about a facility throughout its life can be made available electronically. The industry, however, does not yet have the open standards and infrastructure in place to capture, organize, distribute, and mine that information.” (National BIM Standards, 2021)
- c) “Facility management (FM) is a profession that encompasses multiple disciplines to ensure functionality, comfort, safety and efficiency of the built environment by integrating people, place, process and technology.” (IFMA, 2019)
- d) “it’s an integrated approach to operating, maintaining, improving and adapting the buildings and infrastructure of an organization in order to create an environment that strongly supports the primary objectives of that organization.” (Atkin, B. y Brooks, A., 2000)
- e) “The British Institute of Facilities Management (BIFM) defines facilities management as the ‘practice of coordinating the physical workplace with the people and work of an organisation.’” (Atkin, B. y Brooks, A., 2000, pág. 3)
- f) “Organisations should follow three stages to produce an effective strategy for the management of their facilities:
- The *analysis stage* assembles all relevant facts including the organisation’s objectives, needs and policies, a review of resources, processes (...) in terms of space, function and utilisation.
 - The *solution stage* assembles the criteria for judging options, evaluating these against the objectives of the organisation, and develops the facilities management strategy.
 - The *implementation stage* completes the strategy development process through the establishment of an implementation plan that incorporates the key elements of procurement, training and, importantly, communication. “(Atkin, B. y Brooks, A., 2000, pág. 13)
- g) “The objective governing work tracking might be: Utilize a formal method for keeping track of the status of costs and progress for all planned and unplanned maintenance and repair work.” (Magee, G. H., 1988, pág. 13)
- h) “In the early 1970s, inflation became a threatening issue. The oil embargo brought fuel shortages that spurred a dramatic increase in the cost of

material and the financing of all endeavours. Capital funds and materials became scarce, and the deregulation of monopolies and previously regulated services (phone, fuel, airline, etc.) required many large companies to compete more effectively and efficiently in the marketplace. Increased competition from foreign companies filled some of the material and services void, while many U.S. companies that reacted positively with innovation and alternate solutions prospered. Inefficient manufacturing processes, non-productive work environments, and higher worker expectations required senior management to seek alternatives, to plan for the long term, to “work smarter”, to be more productive and become more competitive.” (Rondeau, E.; Brown, R. & Lapidés, P; 2006, pág. 2)

- i) “BIM has been used most extensively in design and construction. Adoption and use for FM is a complex issue and is less straightforward than in AEC. There is no institutionalized “best practice” for using BIM in the FM sector. The use of any software technology, including BIM, in FM varies depending on organizational mission and the requirements of the facilities infrastructure supporting it.” (Sabol, L.; 2013, pág. 20)
- j) “When one considers the extensive documentation of information needed for effective maintenance and operation of most facilities, it is clear that finding efficient ways to collect, access and update this information is very important.” “The short answer to the current

problems previously described is: integration of data systems over the life cycle of a facility.” (Teicholz, P.; 2013, pág. 2 y 5)

- k) “Advantages of BIM for FM include:
 - Unified information base, providing a building owner’s manual.
 - Effective support for analyses, particularly for energy and sustainability initiatives.
 - Location-aware model of equipment, fixtures, and furnishings, replete with data.
 - Support for emergency response and security management and scenario planning.” (Sabol, L.; 2013, pág. 20)
- l) “Cultural heritage management is going through a process of change, where the focus is no longer the management of the integrity of heritage assets, but the cultural significance they convey, such as the values and attributes, either tangible or intangible, which motivated these assets to be considered outstanding and designated as cultural heritage. Cultural heritage managers need to ensure that the management practices and methods they follow remain adequate and when they don’t, to revise them in order to succeed on protecting the cultural heritage assets under their safeguard.” (Tarrafa Silva, A., Pereira Roders, A. CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT AND HERITAGE (IMPACT) ASSESSMENTS, pag. 1)

- m) Creating AB BIMs is a challenging process for many reasons. While an AD BIM is basically a model to be delivered in real life, an AB BIM requires a lot more work. It involves two major steps: data collection, to capture the as-built conditions, and data modelling, to generate compact, but rich representations (Fateeva, E. et al. System analysis of the quality of meshes in HBIM, 2018, pág. 1)
- n) Another framework for defining LOD specifically for heritage applications has been proposed in Metric Survey Specifications for Cultural Heritage (Andrews et al 2015) (Figure 8). This document defines four levels of detail.
- Level 1: basic outline of the building/ structure represented as a solid object using representative component information but with no architectural detail depicted
 - Level 2: outline of the building /structure represented as a solid object with principal architectural features included using generic components'
 - Level 3: outline of the building /structure represented as a solid object with all architectural features and major service detail included using generic components
 - Level 4: detailed survey of the building/ structure represented as a solid object including all architectural detail, services and custom developed components to accurately represent fabric type'
- o) Satellite remote sensing has become a common tool of investigation, prediction and forecast of environmental change and scenarios through the development of GIS-based models and decision-support instruments that have further improved and considerably supported decision-making strategies (<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0198971515300144?token=6BB26047E8009D66D104776FFAFC122D3ED3B9AC340461BA9514BFCB1D3336BD4EEF1D82D43F832C8600A020D222764F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210702171620>)
- p) “- Consider the needs of the organisation, differentiating between core and non core business activities.
- Identify and establish effective and manageable processes for meeting those needs.
 - Establish the appropriate resource needs for providing services, whether obtained internally or externally.
 - Identify the source of funds to finance the strategy and its implications.
 - Establish a budget, not only for the short term but also to achieve value for money over the long term.
- aa) - Recognise that management of information is key to providing a basis for effective control of facilities management.” (Atkin, B. y Brooks, A., 2000. *Total Facilities Management*. Cornwall, Reino Unido. Blackwell Science. Página 14 y 15)

8. Tabla de Ilustraciones

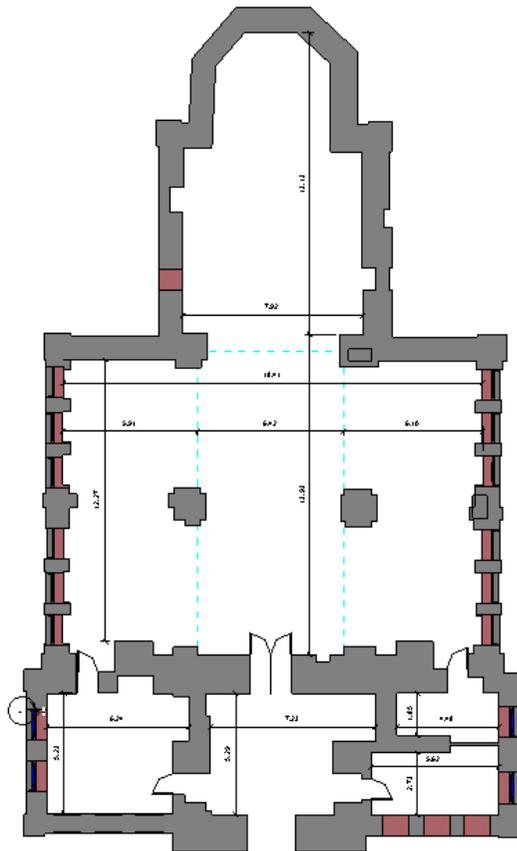
- a) **Ilustraciones 1,2 y 3** – Equipo Prometheus conformado por las citadas universidades (Italia, Rusia y España) (Izquierda, abajo) Mapa de ubicación del caso práctico. (Derecha) Mapa de las tres zonas de actuación del caso práctico.
Fuente: <https://prometheush2020.eu/>
- b) **Ilustraciones 4,5 y 6** – Situación actual de exteriores e interiores de la Iglesia de la Trinidad. Fuente: obtenida directamente del grupo de investigación Prometheus.
- c) **Ilustración 7** - Línea del tiempo de la implantación BIM alrededor del mundo. Fuente: elaboración propia
- d) **Ilustración 8** – Las 7 dimensiones del BIM. Fuente: Elaboración propia.
- e) **Ilustración 9** – El ciclo de vida del proyecto y los agentes que intervienen en él. Fuente: EL BIM Y LA PMO EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN de Álvarez y Bucero.
- f) **Ilustración 10** – Los beneficios del BIM respecto a la gestión de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.
- g) **Ilustración 11** – Línea del tiempo de implantación del FM y divulgación por parte del IFMA. Fuente: elaboración propia.
- h) **Ilustración 12** – People, process, technology and place.
Fuente: Facility Management por Rondeau, E.; Brown, R. & Lapedes. P (2006)
- i) **Ilustración 13** – De las necesidades de la organización a los indicadores
Fuente: Valor añadido de Facility Management de Collado, V.; Montoya, G. y Sanz, J. (2019)
- j) **Ilustración 14** – Representación de cómo cambia el uso de los gráficos y los datos atribuidos en las distintas fases del ciclo de la edificación.
Fuente: BIM for FACILITY MANAGERS de Teicholz, P. (2013)
- k) **Ilustración 15** – Recorrido alternativo de la información para integrar el BIM con el FM. Fuente: BIM for FACILITY MANAGERS de Teicholz, P. (2013)
- l) **Ilustración 16** – Enfoque de la metodología BIM en el Facility Management. Fuente: Elaboración propia.
- m) **Ilustración 17** – Patrimonio cultural integral y sus formas de uso. Fuente: “El patrimonio turístico como un instrumento para la divulgación, la valoración y la educación cultural” de Nuñez, M.
- n) **Ilustración 18** – Dimensiones de la conservación del patrimonio. Fuente: PROTOCOLO HBIM PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, de Salvador García, E.
- o) **Ilustración 19** – LOD: Niveles de desarrollo. Fuente: elaboración propia.
- p) **Ilustración 20** – LOK: Niveles de conocimiento. Fuente: elaboración propia.
- q) **Ilustración 21** – Plataforma ECODOMUS. Fuente: <https://www.ecodomus.com/>

- r) **Ilustración 22** – Plataforma YUBIM. Fuente: <https://www.youbim.com/>
- s) **Ilustración 23** – Iglesia de la Trinidad en su estado actual. Fuente: fotografía concedida por el equipo de investigación Prometheus.
- t) **Ilustraciones 24 y 25** – Proceso de armado de imágenes mediante fotogrametría a través de Metashape Agisoft. Fuente: elaboración propia.
- u) **Ilustración 26** – Modelado de la volumetría mediante fotogrametría. Fuente: elaboración propia
- v) **Ilustración 27** – Propiedades del proyecto. Fuente: elaboración propia
- w) **Ilustración 28** – Modelado de la volumetría mediante nube de puntos y escáner laser. Fuente: elaboración propia
- x) **Ilustración 29**– Propiedades otorgadas a los elementos compositivos del edificio. Fuente: elaboración propia
- y) **Ilustración 30** – Sectorización por habitaciones. Fuente: elaboración propia
- z) **Ilustración 31** – Esquema de colores designado a las habitaciones. Fuente: elaboración propia
- aa) **Ilustración 32** – Tabla de planificación de habitaciones existentes en el edificio. Fuente: elaboración propia
- bb) **Ilustraciones 33, 34 y 35** – Contenido del drive en la plataforma de FUSION 360. Fuente: elaboración propia.
- cc) **Ilustración 36** – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360. Fuente: elaboración propia.
- dd) **Ilustración 37** – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360. Fuente: elaboración propia.
- ee) **Ilustraciones 38 y 39** – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360 con archivos de pdf. Fuente: elaboración propia.
- ff) **Ilustraciones 40 y 41** – Funcionamiento de la plataforma FUSION 360 desde el móvil. Fuente: elaboración propia.
- gg) **Ilustración 42** – Nave lateral izquierda, sector elegido para modelar. Fuente: imagen otorgada por el grupo PROMETHEUS.
- hh) **Ilustración 43** – Sección transversal de la Iglesia de la Trinidad, donde se pueden apreciar el comienzo del modelado sobre la nube de puntos conformada. Fuente: Elaboración propia.

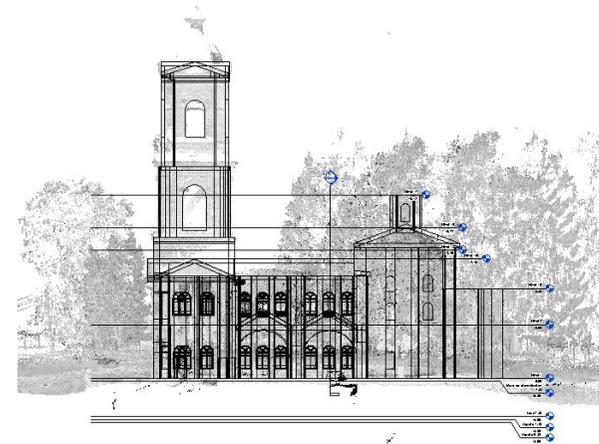
- ii) **Ilustración 44** – Modelado exterior de fachada lateral correspondiente a la nave lateral izquierda. Fuente: Elaboración propia.
- jj) **Ilustración 45** – Modelado interior de las naves laterales, con sus bóvedas de aristas tan características. Fuente: Elaboración propia.
- kk) **Ilustración 46** – Ventana seleccionada para crear una familia parametrizada. Fuente: imagen otorgada por el grupo PROMETHEUS.
- ll) **Ilustración 47** – Familia de ventana parametrizada. Fuente: elaboración propia.
- mm) **Ilustración 48** – Parámetros concedidos a la familia creada. Fuente: elaboración propia.
- nn) **Ilustración 49** – Propiedades del tipo – sensor de iluminación. Fuente: elaboración propia.
- oo) **Ilustración 50** – Planilla de inventario de detectores de movimiento en la situación actual. Fuente: elaboración propia.
- pp) **Ilustraciones 51 y 52** – Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.
- qq) **Ilustraciones 53 y 54** - Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.
- rr) **Ilustración 55** - Planilla en Google Sheets donde se puede observar el presupuesto anual 2022 de la organización. Fuente: elaboración propia.
- ss) **Ilustraciones 56 y 57** - Posibilidad de publicar en la web los archivos realizados y conceder permisos de edición. Fuente: elaboración propia.
- tt) **Ilustración 58** - Historial de versiones y ediciones de Google Sheets. Fuente: elaboración propia.
- uu) **Ilustración 59** - Funcionamiento y carga de sensores a la aplicación SMART LIFE. Fuente: elaboración propia.
- vv) **Ilustraciones 60 y 61**- Formulario Google y las respuestas del cuestionario de satisfacción de la visita a la iglesia. Fuente: elaboración propia.

9. Anexos

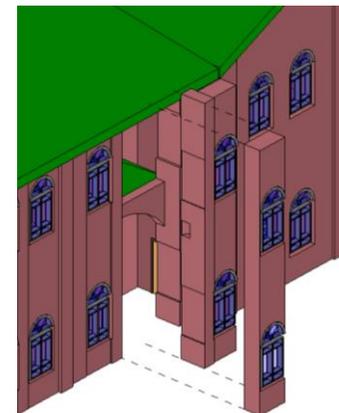
PLANTA BAJA DE LA IGLESIA DE LA TRINIDAD



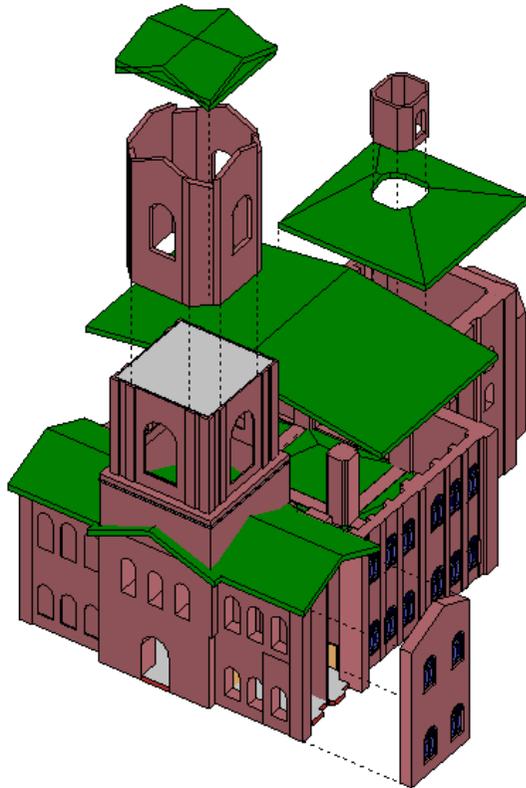
ALZADO ESTE DE LA IGLESIA DE LA TRINIDAD – Estructura alámbrica, niveles de la obra y nube de puntos



VISTA ESQUEMÁTICA 3D UNA SECCIÓN



VISTA ESQUEMÁTICA 3D DE LA VOLUMETRÍA



SECCIÓN DE LA IGLESIA DE LA TRINIDAD – Texturas, niveles y nube de puntos

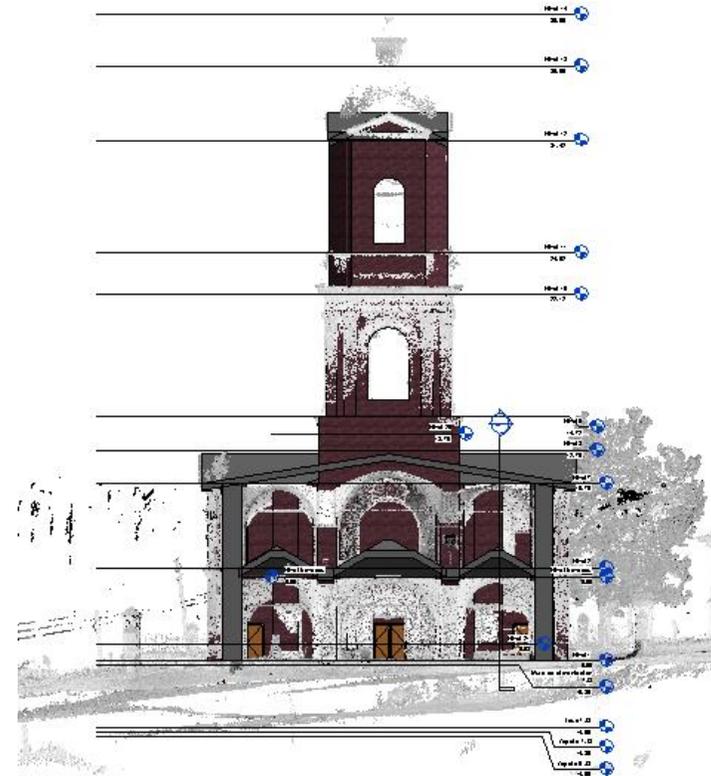


TABLA DE COMUNICACIONES ENTRE AGENTES

COMUNICACIONES ENTRE LOS PARTICIPANTES								
	FACILITY MANAGER	MANTENIMIENTO	LIMPIEZA	ENCARGADO	ESPECIALISTA	PROMETHEUS	DIRECCIÓN FACULTATIVA	FUNDACIÓN MUSEO
FACILITY MANAGER		S	S	D	E	E	M	Q
MANTENIMIENTO	S			S				
LIMPIEZA	S			D				
ENCARGADO	D	S	D		E	E	E	E
ESPECIALISTA	E			E		E	Q	E
PROMETHEUS	E			E	E		M	Q
DIRECCIÓN FACULTATIVA	M			E	Q	M		D
FUNDACIÓN MUSEO	Q			E	E	Q	D	

D	DIARIO
S	SEMANAL
Q	QUINCENAL
M	MENSUAL
E	EVENTUAL

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES DEL PROYECTO

PROYECTO: FACILITY MANAGEMENT IGLESIA DE LA TRINIDAD COD. PROYECTO: CLIENTE:	REFERENCIAS		TITULO: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES			
	Lidera		VERSION: 1 FECHA: 02/08/21			
	Aprueba					
	Contribuye					
	Informado					
N/A						
Nro.	DISEÑO Y PROYECTO	RESPONSABILIDADES				
		FACILITY MANAGER	DIRECCIÓN FACULTATIVA	ENCARGADO	FUNDACIÓN MUSEO	MANTENIMIENTO/ LIMPIEZA
A	GENERAL					
A.1	Responsabilidades Generales					
A.1.1	Planificación y etapabilidad del proyecto					
A.1.2	Definición y alcance de cada etapa del proyecto					
A.1.3	Contratación de los especialistas					
A.1.4	Coordinación de los especialistas					
A.2	Gestión y coordinación de aprobación por las autoridades competentes					
A.2.1	Resolución aprobatoria del emprendimiento					
A.2.2	Gestión aprobatoria por los colegios profesionales					

A.2.3	Obras Públicas/ Permisos de Edificación por Etapas					
A.2.4	Obras Públicas/ Conforme a Obra y Final de Obra					
A.3	Estrategia de comunicación y gestión					
A.3.1	Del proyecto hacia afuera (Marketing y Comercial)					
A.3.2	Interno del Proyecto					
A.3.3	Gestión de Higiene, Seguridad y Sustentabilidad (referido al proyecto)					
A.4	Gestión y administración de contratos					
A.4.1	Etapas de proyecto					
A.5	Programación, Gestión y Documentación de las reuniones clave					
A.5.1	Seteo de proyecto					
A.5.2	Etapas Anteproyecto: Programación, Gestión y Documentación					
A.5.3	Etapas Proyecto Ejecutivo: Programación, Gestión y Documentación					
A.5.4	Generación y distribución la matriz de roles y responsabilidades del proyecto					
A.6	Liderar la generación y presentación de informes mensuales					
A.6.1	Etapas Anteproyecto: Programación, Gestión y Documentación					

A.6.2	Etapa Proyecto Ejecutivo: Programación, Gestión y Documentación					
A.6.3	Definición y control del proceso de gestión de documentación					
A.6.4	Gestión del proceso de Ingeniería de Valor					
A.7	Desarrollo del procedimiento para gestión de cambios de proyecto					
A.7.1	Etapa Anteproyecto: Programación, Gestión y Documentación					
A.7.2	Etapa Proyecto Ejecutivo: Programación, Gestión y Documentación					
A.7.3	Liderar reuniones de gestión con especialistas					
A.7.4	Liderar reuniones de gestión de calidad para el proyecto					
A.7.5	Gestión de la Comunicación					
A.7.6	Definición de los procesos de trabajo esperados					
A.7.7	Desarrollar el proceso de aprobación de materiales y sistemas de proyecto					
A.7.8	Desarrollo de flujos de trabajo para pedidos de información					
A.7.9	Planificación de Riesgos					
A.7.10	Gestión del Cronograma General de proyecto					
A.7.11	Gestión de los interesados					



A.7.12	Desarrollo de Manual de Calidad de Proyecto					
--------	---	--	--	--	--	--