



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Edificación

**IGLESIA DETIF, ISLA LEMUY, CHILOÉ:  
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LA  
METODOLOGÍA HBIM PARA SU CONSERVACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTION INTEGRAL DE LA  
EDIFICACIÓN**

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**2021-2022**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN**

**CATALINA BELÉN GUTIÉRREZ VIVEROS**

**TUTOR: DR. VICENTE FLORES ALÉS**

**CO-TUTOR: DR. JAIME SOTO MUÑOZ**



## **IGLESIA DETIF, ISLA LEMUY, CHILOÉ:**

# **GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA HBIM PARA SU CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Trabajo de Fin de Máster para optar al Título de Máster Universitario en Gestión Integral de la Edificación por Catalina Belén Gutiérrez Viveros siendo tutor el Dr. Vicente Flores Alés y co-tutor el Dr. Jaime Soto Muñoz

## RESUMEN

En la actualidad, Chile está experimentando la pérdida de identidad cultural en los procesos de conservación. La información sobre los edificios históricos es limitada y proviene de diversas fuentes a lo largo de su ciclo de vida. Por lo tanto, un edificio es el resultado de una serie de hechos, algunos de los cuales son desconocidos debido a la falta de información documentada. Esto crea problemas a la hora de emprender proyectos de mantenimiento.

Por lo anterior, un sistema integrado de flujo e intercambio de información a lo largo del ciclo de vida de una construcción puede ser necesario para preservar el valor cultural del patrimonio construido a lo largo del tiempo. Para ello, este estudio propone la gestión del conocimiento mediante la metodología HBIM, que incluye la información geométrica y semántica de un edificio, lo que permite una mejor toma de decisiones.

Este procedimiento puede ser potencialmente implementado con las iglesias de la isla de Chiloé reconocidas UNESCO como patrimonio de la humanidad. Construidas por carpinteros de la Escuela Chilota de arquitectura eclesiástica, aplicaron sus conocimientos de construcción en madera en la construcción de estas edificaciones. La implementación de HBIM en las iglesias de Chiloé es una excelente oportunidad para aprender a través de la salvaguarda sobre la gestión de la información heredada sobre el patrimonio construido.

En esta investigación se implementó el uso de esta herramienta de gestión de la información en la iglesia de Detif, ubicada en la Isla de Lemuy, Chiloé, utilizando solo la estructura de techumbre del caso. El proceso se ve dificultado debido a que existe una fragmentación de la información entre sus intervenciones a lo largo del tiempo, pero se logra demostrar que el modelo permite registrar de forma clara la información, pudiendo ser cargada y modificada eficientemente a través de rutinas de Dynamo. Junto con ello se propone un modelo de gestión de mantenimiento predictivo.

Palabras claves: Flujo de información, HBIM, gestión de mantenimiento, Iglesias de Chiloé.

## **ABSTRACT**

Chile is currently experiencing the loss of cultural identity in conservation processes. Information on historic buildings is limited and comes from various sources throughout their life cycle. Therefore, a building is the result of a series of facts, some of which are unknown due to the lack of documented information. This creates problems when undertaking maintenance projects.

Therefore, an integrated system of information flow and exchange throughout the life cycle of a building may be necessary to preserve the cultural value of the built heritage over time. To this end, this study proposes knowledge management using the HBIM methodology, which includes geometric and semantic information of a building, allowing for better decision making.

This procedure can potentially be implemented with the churches of the island of Chiloé recognized as UNESCO World Heritage Sites. Built by carpenters from the Chiloé School of ecclesiastical architecture, they applied their knowledge of wood construction in the construction of these buildings. The implementation of HBIM in the churches of Chiloé is an excellent opportunity to learn through safeguarding about the management of inherited information about the built heritage.

In this research the use of this information management tool was implemented in the Detif church, located in Lemuy Island, Chiloé, using only the roof structure of the case. The process is difficult because there is a fragmentation of the information between its interventions over time, but it is possible to demonstrate that the model allows the information to be registered in a clear way, being able to be loaded and modified efficiently through Dynamo routines. Along with this, a predictive maintenance management model is proposed.

Keywords: Information flow, HBIM, maintenance management, Chiloé Churches.

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	17
3. OBJETIVOS .....	17
3.1 Objetivo general:.....	17
3.2 Objetivos específicos: .....	17
4. HIPÓTESIS .....	18
5. ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	19
5.1 PATRIMONIO .....	19
5.2 PATRIMONIO EN CHILE.....	31
5.3 MADERA.....	37
5.4 TECNICAS DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS PATRIMONIALES.....	41
5.6 METODOLOGÍA BIM EN EDIFICIOS PATRIMONIALES .....	45
6. METODOLOGÍA.....	51
7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA .....	55
7.1 Etapa 1: Levantamiento de la información .....	55
7.2 Etapa 2: Elaboración del Modelo Digital .....	68
7.3 Etapa 3: Sincronización de datos.....	79
7.4 Etapa 4: Gestión del Mantenimiento .....	84
8. CONCLUSIONES.....	90
8.1 Cumplimiento de objetivos específicos: .....	90
8.2 Conclusiones sobre las hipótesis de investigación .....	93
9. LIMITACIONES .....	94
REFERENCIAS.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS .....	103
ÍNDICE DE TABLAS .....	105
CAPÍTULO III: ANEXOS .....	106
ANEXO 1: Normativa y estándares de la aplicación de la metodología bim ....	107
ANEXO 2: Rutina de exportación de datos de Revit a Excel .....	109
ANEXO 3: RUTINA DE IMPORTACIÓN DE DATOS DESDE EXCEL A REVIT .....	114

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Iglesias de Chiloé, tienen un reconocimiento a nivel mundial como un hito arquitectónico y constructivo. Se trata de construcciones que combinan en su diseño una composición de formas hispanas y germánicas, lo que hace que tengan la aptitud adecuada para el uso de madera y su carpintería (González, 2015). Además, este carácter único hace que no se asimile a otras iglesias de América Latina (Bailey, 2006) y que asimismo estén arraigadas en la historia de Chile. Entre los años 2000 y 2001 recibieron el estándar de Patrimonio de la Humanidad otorgado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2000) conferido a 16 Iglesias (Senn, 2017) denominadas: Achao, Aldachildo, Caguach, Castro, Chelín, Chonchi, Colo, Dalcahue, Detif, Ichuac, Nercón, Quinchao, Rilán, San Juan, Tenaún y Vilupulli (UNESCO, 2000). La ubicación de estas iglesias se puede observar en la imagen 1.



Imagen 1: Ubicación de iglesias de Chiloé. Fuente: <https://www.pinterest.com.mx/pin/430797520578975015/>

Desde su construcción, las Iglesias de Chiloé fueron el inicio de la conformación de ciudades y base de la cultura de los habitantes de esta zona del país (Puchi, et.al., 2017). El estándar patrimonial conferido a 16 construcciones ubicadas en el Archipiélago de Chiloé le otorgó una mayor importancia y puso atención a su conservación en el tiempo, ya que implica para el país y sus agentes responsables, que existan obligaciones respecto de ellos, como la realización de planes de gestión y/o mantenimiento de estos bienes inmuebles.

La materialidad de estos edificios es la madera, sus piezas componentes cuentan con excelentes cualidades físico-mecánicas. Según González (2015), si se conocen las propiedades de la madera y se suplen sus limitaciones, se puede tener una duración de siglos. En este sentido, hay que tener en cuenta características como su porosidad, capacidad higroscópica, así también la estructura, composición o morfología. Este material, cuenta con un módulo de elasticidad bastante más bajo que el acero y posee la capacidad de ser ensamblado de formas diversas.

Estas construcciones, como cualquier edificio de madera requieren mantenimiento preventivo en el tiempo (Fregonese, 2015). La durabilidad en las edificaciones patrimoniales de este tipo implica la capacidad del edificio o alguno de sus componentes para realizar las funciones requeridas en un entorno de servicio a lo largo del tiempo. La complejidad de la gestión del mantenimiento de edificios de madera radica en que tienen secciones irregulares, las cuales varían tanto en su sección transversal como en su longitud; estas variaciones en el tiempo pueden ser causadas por degradación, daño abiótico o biótico (Mol, et al., 2020). En algunos casos de edificios patrimoniales, la afluencia de visitantes genera deterioros en él (García-Valldecabres, et al., 2021). El objetivo del mantenimiento es que los edificios patrimoniales extiendan su vida útil evitando la degradación. Se estima que, a través de un mantenimiento preventivo, se ahorra un 50% del costo total del mantenimiento (Bazan, et al., 2021).



En el ámbito del mantenimiento de edificios, existen 3 tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo (Fernández, 2007). Sobre este último, es valioso mencionar que se utilizan diferentes herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar o simular patrones de anomalías en el funcionamiento y posibles defectos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga la falla (Cambroner, 2021). Este concepto difícilmente se aplica en el caso de edificios patrimoniales, usualmente se consideran planes de mantenimiento preventivos, los cuales, aplicados hasta ahora, no son comparables entre sí, ya que tienen condiciones y factores disímiles entre ellos.

Para efectuar el mantenimiento de edificios patrimoniales, es necesario contar con bases de información que colaboren en categorizar y jerarquizar los datos para la toma de decisiones (García-Valldecabres, et al., 2021). De esta forma se puede avanzar a un mantenimiento predictivo, que resulta ser más eficiente en la gestión de las construcciones. Ahora bien, las Iglesias de Chiloé poseen características únicas y valiosas en sus diseños, tales como, detalles de diseño de madera singulares, una interesante aplicación de técnicas de construcción y esfuerzos de cuidado de estos edificios para procesos de conservación consistentes, existen oportunidades de mejora de los procesos de toma de decisión y planificación de acciones de mantenimiento de la madera para brindar muchas más décadas de servicio confiable (González, 2015).

En este sentido, distintos reportes de estas iglesias dan cuenta de información importante a considerar al momento de planificar y gestionar el mantenimiento para la conservación de las edificaciones. Esta información va desde la geometría de la iglesia: que abarca a solo la forma y las dimensiones de los elementos que la conforman en su totalidad tanto interior como exterior. Por otro lado, está la composición de los elementos: que tiene en cuenta la materialidad, espesor, densidad y características propias de cada material, en el caso de la madera, el porcentaje de humedad, la resistencia, entre otros. Otro concepto importante como información, es el estado de conservación, si este se encuentra en buen estado o en mal estado, si fue un material modificado, etc. También están los

datos de los daños presentes e incluso el comportamiento de la iglesia con su entorno, el contexto social, cultural y económico en el que se encuentra situado, a la que se le llama información semántica (García-Valdecabres, et al., 2021). Muchas veces, la información que generan los cambios que se producen en los edificios patrimoniales, se originan en modificaciones producidas en el contexto o entorno que lo rodea (Stober, et al., 2018).

La adecuada identificación, resguardo y uso de la información es muy relevante en los procesos de mantenimiento. Un ejemplo, en el caso de estas iglesias, corresponde al estudio y levantamiento del estado de la Iglesia Santiago Apóstol de Detif realizado en 2019, que dio cuenta de lesiones en distintos elementos de la madera que se estimó provenían de distinto origen, ya sea biótico, abiótico y estructural

Parece ser entonces, que la preservación y conservación del patrimonio es una necesidad real, y toda relevante información debe ser resguardada para seguimiento y procesos de mantenimiento en el tiempo. En este sentido, Youn, Yoon y Ryoo (2021) en un estudio realizado, señalaron que las reparaciones en edificaciones de madera pueden causar grados impredecibles de deformación, por lo que es importante considerar dentro de los atributos de la madera, su flexibilidad. Así, un análisis en tres dimensiones (3D) de la madera se usa para tener información sobre la estabilidad estructural y el análisis de la forma, más que los métodos de unión de madera con madera cuando se originan, y así facilitar la generación de métodos estratégicos de intervención sin generar consecuencias que repercutan en otros elementos del edificio.

Estas icónicas edificaciones ya han superado la vida útil original de su diseño. Esto debido a que, el tiempo de uso o funcionamiento original se ha cambiado por la definición propia de ciclo de vida de estos inmuebles patrimoniales, ya que va más allá de la mera construcción en sí misma. Estos edificios tienen un sentimiento de pertenencia en la sociedad y para que el edificio participe de las actividades de la sociedad, debe estar en el estado ideal de mantenimiento (García-Valdecabres, et al, 2021). La información del estado de una forma definida de conservación de la

madera es valiosa y se necesita, por ejemplo, las condiciones ambientales que la afectan, el uso del edificio o como han sido modificados a través de los años. Actualmente, se piensa en generar repositorios de información para así generar planes de mantenimiento y perpetuar la vida útil del edificio (García-Valldecabres, et al., 2021; Bazan, et al., 2021). Sin embargo, las formas tradicionales están siendo mejoradas por la tecnología.

En Chile, el campo de la conservación de edificios patrimoniales ha estado avanzando hacia el estudio de la viabilidad, de pasar de la representación tradicional a los modelos digitales de información. A partir de la llamada metodología Building Information Modeling (BIM) impulsada en Chile por el Estado, a través de la agencia Plan BIM desde 2016 (Soto et al., 2019), los sistemas de gestión de información para el ciclo de vida del edificio han avanzado hacia el enfoque de modelado de información de edificios históricos (HBIM por siglas en inglés) (Murphy, et al., 2009). Conceptualmente, establecen un método vinculado a la documentación y gestión de los edificios históricos para llevar a cabo un mantenimiento periódico (García-Valldecabres, et al., 2021). Este proceso multidisciplinario requiere inicialmente una interacción de profesionales, tanto historiadores, arqueólogos, ingenieros estructurales, arquitectos y otros, para construir una base de información geométrica, no geométrica y semántica completa de los edificios. Para la información semántica, en algunos casos se utiliza software GIS, para darle un contexto a la edificación en cuanto a su georreferencia, como se observa en la imagen 2 (Dore & Murphy, 2012). En otros casos, se utiliza la georreferencia para el levantamiento de elementos mediante nube de puntos, en donde cada elemento del edificio tiene una ubicación georreferenciada (Wang, et al., 2021). Esta integración del registro patrimonial y BIM, ha sido planteada de diferentes formas en diversos estudios (Yang, et al., 2020), de los cuales se distingue claramente distintos entornos y relación con la operación y mantenimiento, que hace difícil que se apliquen las mismas estrategias entre ellos, ya que los edificios patrimoniales tienen valor en su autenticidad (García-Valldecabres, et al., 2021). Posteriormente, mediante ensayos no destructivos, se hacen estudios a los materiales y elementos que componen el edificio, para determinar el nivel del daño en el que se encuentra,

referente a esto existen estudio que miden el daño en cuanto a la deformación de sus materiales (Maldonado, et al., 2009; Oreni, et al., 2013), en otros casos se evalúa de acuerdo a una inspección visual y antecedentes documentales que se tengan disponibles (Bazán, et al., 2021). Por ejemplo, una diferencia a tener en cuenta es la arquitectura y proceso de construcción de cada edificio que es considerado patrimonial, en algunos casos HBIM puede ser obstaculizado por una geometría compleja y cambios de sistemas constructivos en el tiempo, o en otras ocasiones, se analizan elementos constructivos que actualmente no existen, en base a supuestos y analogías. Cada edificio histórico es una metodología única, de acuerdo con su realidad local, entorno urbano e interpretación y comparación de elementos de construcción análogos. Para la generación de modelos se debe considerar el contexto, la intención que se tiene al momento de modelar, el perfil del usuario que operará el modelo y la madurez en el conocimiento de la herramienta que se va a utilizar.

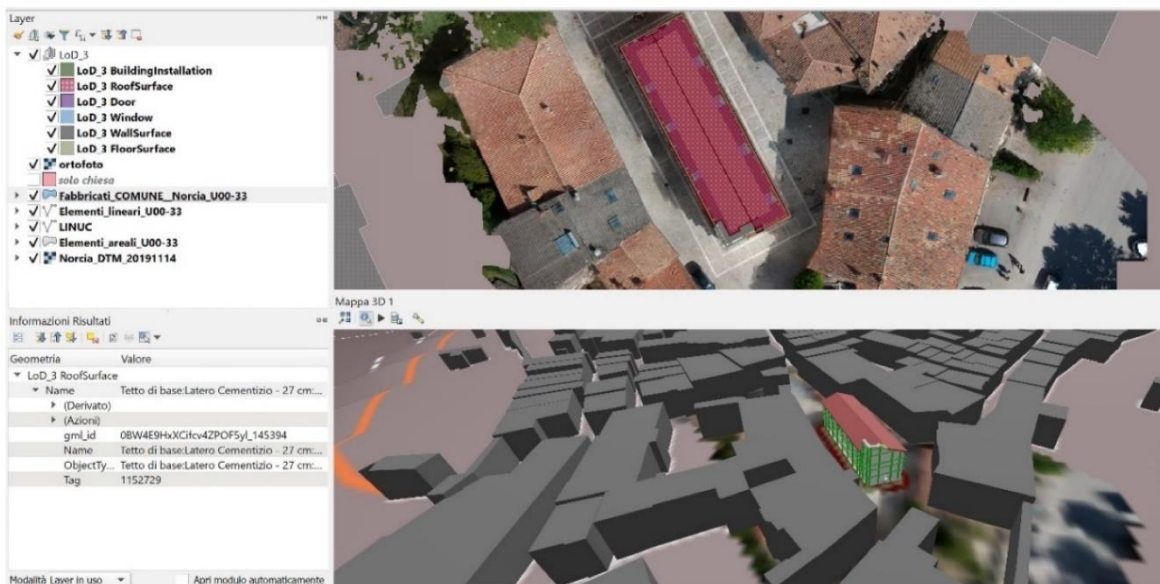


Imagen 2: Modelo BIM integrado con información de Georreferencia. Fuente: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1356/htm>

Asimismo, la lógica de modelado de los edificios patrimoniales se relaciona con la lógica de construcción. Esta, es una de las ventajas de HBIM, ya que la creación de modelos se utiliza para la valorización e interpretación de cambios

constructivos en el tiempo. Al disponer de un modelo digital 3D que identifique de forma automática distintos elementos arquitectónicos, en buenas condiciones, dañados o inexistentes se logra alcanzar la integridad de diseño y su visualización. La literatura reporta dificultades de este proceso, por ejemplo, la confiabilidad de la información histórica, interpretación de la información, geometría irregular, materiales no homogéneos, morfología variable, cambios no documentados, daños y variadas etapas de construcción (Osello, et al., 2018; Simone, et al., 2019). Hay que tener en cuenta entonces, que implementar HBIM no es consistentemente aplicable en cada situación y es un proceso integrado de investigación constante (Oreni, et al., 2013), tampoco excluye el uso de métodos tradicionales para levantar la información. Sin embargo, la necesidad de identificar las propiedades físicas, químicas u otras relevantes de cada pieza en tiempo le entrega a un modelo HBIM un resguardo permanente de información.

La información semántica es la información que puede tener múltiples interpretaciones, en la cual se estudia la historia, contexto, forma, atributos físicos, mecánicos, y otros, con el fin de levantar una realidad global del edificio (Finat et al., 2014). En un edificio histórico representa una oportunidad de almacenar propiedades más allá de lo dimensional (Bruno, et al., 2018), en la mayoría de los países, los edificios históricos se evalúan según su significado y generación de identidad. Este factor es importante a la hora de analizar la pertenencia cultural de las Iglesias de Chiloé. Se trata de un ambiente único y auténtico, que también debe resguardarse como patrimonio cultural, registrando la amplia gama de significados tangibles e intangibles de los bienes del patrimonio cultural. HBIM en sí, recoge una postura cuantitativa y cualitativa con enfoque semántico, de esta forma también se puede evaluar su resiliencia y la autenticidad de su valor. Este tipo de antecedentes deriva hechos que no precisamente estén mencionados en su ontología (Simeone, et al., 2019). Para la conservación de estos edificios, existe la necesidad de enriquecer semánticamente los modelos 3D creando una base de datos más completa para tomar decisiones de mantenimiento más eficaces. La actualización posible de llevar adelante mediante un modelo de gestión HBIM, presenta una alternativa a la conservación tradicional y abre la oportunidad de una nueva creación

basada en la gestión de la información. Poner al día constantemente un edificio, conlleva un análisis del fenómeno cultural, que surge de la contraposición existente entre la comunidad, el lugar y el patrimonio construido.

Para el análisis de los edificios patrimoniales, es necesario deconstruir el edificio, siguiendo la lógica de la ingeniería inversa, en donde el estado existente es el punto de partida para “empezar a separar los elementos estructurales para encontrar la estructura del edificio, además de las irregularidades”. (Stober, et al., 2018) La ingeniería inversa posibilita el continuo mejoramiento de procesos de construcción, teniendo una clara imagen del sistema que está construido. En algunos casos, la intención de utilizar la ingeniería inversa es recuperar el diseño original del edificio (López, et al., 2018), para lo cual se debe identificar el contexto en el que se encontraba la edificación en otros tiempos. Para abordar la ingeniería inversa es preciso tener claro cuál es el objetivo de su uso, el contexto, el perfil del usuario y la madurez de la herramienta a utilizar (Monroy, et al., 2012) A partir de este método, se analizan los pasos que llevan a la construcción de un objeto histórico específico, mejorando el propio proceso de modelo. La ingeniería inversa es la traducción de un objeto real a un objeto digital (Murphy, et al., 2009).

Las iglesias de Chiloé y la arquitectura tradicional en madera del sur del país son ricas en información, no obstante, los levantamientos geométricos actuales, aún no han permitido la elaboración de modelos digitales completos. Hay que tener presente, que un modelo HBIM incompleto puede generar intervenciones de mantenimiento equivocadas (Youn, et al., 2021). Desde la importancia de la métrica y la base de información hasta los criterios de trazado y dimensionamiento de los espacios existe una discusión si el valor histórico se puede resguardar de forma acabada con modelos digitales. Y, por supuesto, hay que tener presente que el levantamiento de la información se puede hacer siempre y cuando ésta no afecte al estado actual del edificio. Lo cierto, es que, una vez alcanzado un modelo digital adecuado, este conjunto de información puede permitir aportar a la fase de operación mediante una reducción de tiempos y costos de mantenimiento preventivo del edificio (Fregonese, et al., 2012), ya sea en la recopilación inicial o

de la información necesaria para las labores propias de la conservación. Investigadores estiman una eficiencia de los recursos del orden del 35% de los costos por mantenimiento reactivo para edificios históricos (Guerra, 2019). Es decir, la contribución HBIM va en una documentación mejorada para el mantenimiento por conservación, alteración o uso.

Resulta importante señalar que el flujo de la información es la transmisión de la información de un lugar a otro, de forma explícita o implícita; es una secuencia de actividades que nacen de las personas, las cuales deben emitir tal información con algún propósito. Debe existir un instrumento que almacene los datos que abarca esa información. (Cohen & Asín, 2009; de Pablos, 2004; Soy Aumatell, 2003; Vidal, Schmal, Rivero & Villarroel, 2012). Luego se debe procesar para obtener el resultado solicitado y finalmente la información llega al receptor con el fin de que éste tome alguna decisión con ella (Froese, 2010) (Ito, 1998).

El valor histórico del edificio es quizás el concepto más importante, cada edificio tiene su propia identidad arquitectónica (Azkarate, et al., 2003), por lo que no es posible una generación de reemplazo de partes y piezas de forma libre. Un ejemplo significativo en Chile es la Basílica El Salvador en Santiago (imagen 3), donde se reemplazó un revoque de argamasa de cal por un estuco de mortero, sin la comprobación necesaria de las propiedades física, química y mecánica del material de reemplazo respecto del original. El resultado fue una falla estructural del sistema constructivo ante los esfuerzos sísmicos (Correa, 2015).

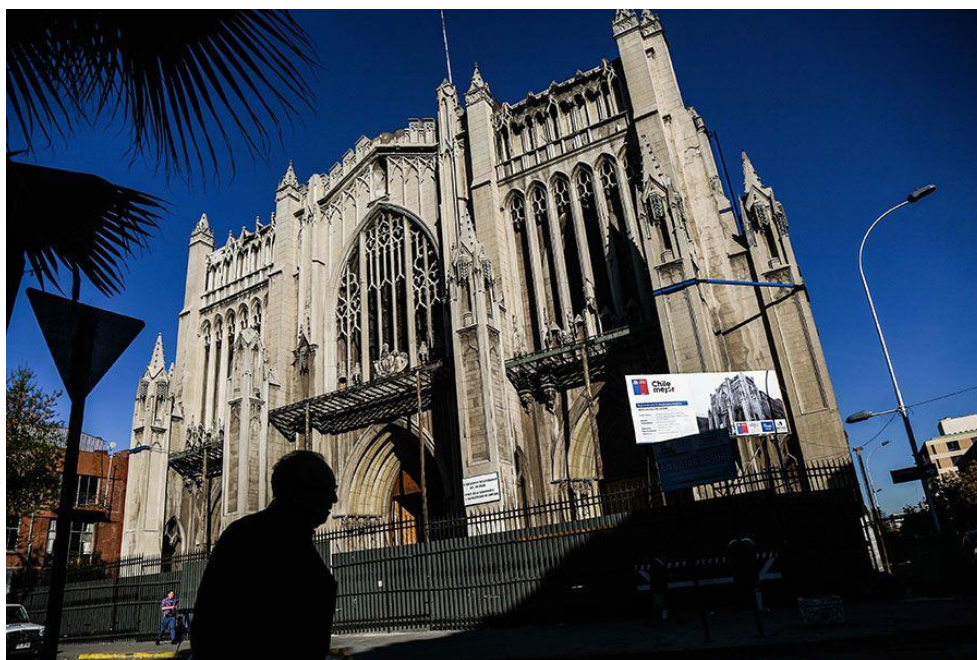


Imagen 3: Iglesia Basílica El Salvador en Santiago. Fuente: <https://www.latercera.com/nacional/noticia/la-basilica-del-salvador-se-vuelve-levantar/296401/>

A partir de ahí, es un paso lógico contar con un método que permita recopilar, comparar y compartir todos los datos disponibles de un edificio, en el contexto y marco legal de las obligaciones de conservación de edificios patrimonio de la humanidad en Chile. Este proyecto, plantea como objetivo desarrollar un método que, a partir de ingeniería inversa se reconozca la realidad y configuración de las Iglesias de Chiloé, para elaborar una base de información a partir de un modelo digital y al cual se pueda agregar información futura sobre actividades de mantenimiento o restauración. Esto implica analizar la viabilidad de pasar de la representación tradicional y los modelos de contenido 3D al llamado enfoque de modelado de información de edificios históricos (HBIM). Para el desarrollo de este método, se utilizará una metodología de casos de estudio, a partir de la elaboración de un prototipo para algunas partes de la construcción de la iglesia Detif. De esta manera, se documentará y registrará datos históricos de las Iglesias de Chiloé, para construir objetos paramétricos, teniendo en cuenta información de las construcciones, para luego el desarrollo de bibliotecas de complementos en capas que representan componentes de construcción, incluyendo atributos y relaciones geométricos y semánticas. Además, será posible intervenir el patrimonio,



seleccionando el método menos invasivo y dañino, pero que produzca más información a la vez. Adicionalmente, la elaboración de un método de estas características permitirá generar información a un público más amplio y a futuras generaciones.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Dado que la gestión de la información y el mantenimiento de edificios patrimoniales en Chile es incipiente, y que éste cuenta con pocos monumentos nacionales, toma mayor sentido tener métodos para conservarlos y preservarlos con el fin de que en Chile se mantenga una identidad cultural. Un ejemplo de esto es la protección contra incendios: Las iglesias de Chiloé están expuestas a ser afectadas por incendios dado que su principal material constructivo es la madera, un material altamente combustible, por lo que establecer métodos de mantenimiento para disminuir los riesgos de incendios, resulta un aporte porque actualmente no se sabe cómo proceder ante estas eventualidades, considerando que los bienes patrimoniales no tienen un valor que se pueda reconstruir, sino que su valor radica en la historia y su evolución con el entorno a lo largo del ciclo de vida. Resulta importante para poder establecer estos métodos de mantenimiento, tener una buena gestión de la información, recopilación de antecedentes y de la realidad que vive el entorno para poder hacer un diagnóstico y evaluar estrategias de mantenimiento preventivo.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 *Objetivo general:*

Desarrollar un **método de gestión de mantenimiento** de las Iglesias de Chiloé a partir del modelado de información de edificios históricos (HBIM) alineado con los objetivos impuestos por la UNESCO para edificios Patrimonio de la Humanidad.

### 3.2 *Objetivos específicos:*

1. Realizar una **caracterización** de los elementos constructivos de las iglesias de Chiloé y su relación con el entorno.

2. Identificar las **patologías y riesgos** propios de los elementos constructivos de las iglesias de Chiloé, que intervengan en el estado de conservación del edificio.
3. Analizar el **entorno de la iglesia** a partir de la realización de un modelo QGIS, para obtener información semántica que entrega antecedentes importantes en el flujo de la información.
4. Elaborar un **modelo digital** con mapas de conservación aplicable a las iglesias de Chiloé, particularmente a la techumbre de la iglesia de Detif, basado en el flujo de información HBIM.
5. Diseñar un **modelo de gestión de mantenimiento** HBIM para las iglesias de Chiloé.

#### **4. HIPÓTESIS**

La integración de criterios de mantenimiento en un flujo de información HBIM facilita la toma de decisiones para una mejor gestión de conservación mediante información geométrica y semántica de edificios patrimoniales

## **5. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

El patrimonio en Chile tiene como uno de sus problemas el poco control sobre la gestión documental de antecedentes, contextos, realidades de la sociedad y la cultura que son propias del concepto patrimonial, por lo que en muchas ocasiones las intervenciones no son las adecuadas e impactan en el contexto que éste tiene. Actualmente gracias a la intervención de la UNESCO, se ha ido tomando conciencia sobre la importancia de la documentación de la evolución de los edificios patrimoniales. A continuación, se realiza una búsqueda teórica de antecedentes respecto a patrimonio, flujo de información, HBIM y mantenimiento de edificios patrimoniales.

### **5.1 PATRIMONIO**

El patrimonio, como valor para la sociedad, es el legado cultural que proviene del pasado, reconocemos en el presente y que transferiremos a las generaciones futuras. Según Díaz-Andreu (2017) el concepto “valor patrimonial” se refiere a los significados e importancia que los individuos o grupos de personas otorgan al patrimonio, incluido los edificios, los sitios arqueológicos, los paisajes y las expresiones intangibles de la cultura, como las tradiciones. El patrimonio cultural no se limita a los monumentos y colecciones de objetos. En línea con Scovazzi (2015) la Convención de la UNESCO para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial de 2003, los componentes esenciales de dicho patrimonio son una manifestación o componente objetivo, una comunidad de personas llamado componente subjetivo o social y un espacio cultural que se reconoce como el componente espacial. Es decir, el patrimonio también está integrado por expresiones vivas heredadas de nuestros antepasados, como las tradiciones orales, las artes escénicas, las costumbres sociales, los rituales, los actos festivos, los saberes y prácticas relacionados con la naturaleza y el universo, y los saberes propios de las comunidades.

Junto con eso, el término arquitectura patrimonial se refiere a edificios o estructuras de importancia histórica o cultural, que son parte vital del patrimonio del país y requieren conservación. Según Jokilehto (2017) la esencia de dicha conservación moderna se basa en la nueva conciencia histórica y en la percepción

resultante de la diversidad cultural. Aunque, no está fuera la discusión de lo manifestado por el movimiento anti-restauración, acorde con Graham y Howard (2008), John Ruskin criticó a los arquitectos restauradores por la destrucción de la autenticidad histórica de los edificios y luchó por su protección, conservación y mantenimiento. En España, tal vez la prueba más clara de este problema sea la reforma del Teatro Romano de Sagunto, la obra de rehabilitación, llevada a cabo entre 1990 y 1994, fue muy polémica desde el principio por considerarse una construcción de un teatro nuevo sobre la destrucción del teatro romano original. En este sentido, en la arquitectura, la conservación y la historia de los edificios marca el presente y el futuro de los países y debe ser valorada como tal. En cualquier ciudad, los edificios antiguos que han resistido la prueba del tiempo y aún se mantienen firmes a pesar del tiempo cuentan la historia arquitectónica de esa ciudad y sus comunidades. Estas construcciones antiguas generalmente se conocen como edificios patrimoniales y las autoridades tienen especial cuidado para preservar estas estructuras. Típicamente, un edificio patrimonial significa una estructura que requiere preservación debido a su valor histórico, arquitectónico, cultural, estético o ecológico. Los sitios arqueológicos, las ruinas y los restos también se incluyen en el término sitios patrimoniales, y que existan legislaciones que los protejan, es fundamental. A continuación, se detallan las normas relevantes a nivel mundial, español y chileno:

### **5.1.1 Referentes y Normativas a nivel mundial**

El desarrollo de los principios de conservación a nivel global ha sido notoria, desde la segunda mitad del siglo XX muchos investigadores consideran que ha existido un impulso importante de las actividades de conservación a nivel internacional. Según Ahmad (2006), estos principios o directrices, promulgados ya sea como cartas, recomendaciones, resoluciones, declaraciones o comunicados, fueron redactados y adoptados principalmente por organizaciones internacionales, como la UNESCO e ICOMOS, con el objetivo principal de proteger los bienes culturales, que incluyen monumentos históricos, edificios, conjuntos de edificios, sitios y pueblos de todo el mundo, contra diversas amenazas. A continuación, se explica los principales alcances de cada una de ellas:

### 5.1.1.1 UNESCO

La UNESCO, un acrónimo en inglés que significa, *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, perteneciente a la Organización de Naciones Unidas, establece 10 criterios de selección patrimonial, los cuales son:

- I. Representar una obra maestra del genio creativo humano.
- II. Exhibir un intercambio importante de valores humanos, a lo largo de un período de tiempo o dentro de un área cultural del mundo, sobre desarrollos en arquitectura o tecnología, artes monumentales, urbanismo o diseño paisajístico.
- III. Dar un testimonio único o al menos excepcional de una tradición cultural o de una civilización viva o desaparecida.
- IV. Ser un ejemplo sobresaliente de un tipo de edificio, conjunto arquitectónico o tecnológico o paisaje que ilustre (a) etapa(s) significativa(s) en la historia humana.
- V. Ser un ejemplo sobresaliente de un asentamiento humano tradicional, uso de la tierra o uso del mar que sea representativo de una cultura (o culturas), o interacción humana con el medio ambiente, especialmente cuando se ha vuelto vulnerable bajo el impacto de un cambio irreversible.
- VI. Estar directa o materialmente asociado con acontecimientos o tradiciones vivas, con ideas, creencias u obras artísticas y literarias que tengan un significado universal excepcional.
- VII. Representar fenómenos naturales o áreas de belleza natural e importancia estética excepcional.
- VIII. Ser ejemplos eminentemente representativos de las grandes fases de la historia de la tierra, incluido el testimonio de la vida, de procesos geológicos en curso en la evolución de las formas terrestres o de elementos geomórficos o fisiográficos de mucha significación
- IX. Ser ejemplos eminentemente representativos de procesos ecológicos y biológicos en curso en la evolución y el desarrollo de los ecosistemas y en las comunidades de plantas y animales, terrestres, acuáticos, costeros y marinos.

- X. Contener los hábitats naturales más representativos e importantes para la conservación in situ de la diversidad biológica, comprendidos aquellos en los que sobreviven especies amenazadas que tienen valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia o de la conservación.

Como se observa, respecto de los edificios patrimoniales, hay una oportunidad para establecer pautas de conservación y mantenimiento explícitas. En línea con Baik (2020) esto permitirá dirigir proyectos de desarrollo en y alrededor de estos referentes patrimoniales para encontrar metodologías y criterios que, a su vez, permitan seleccionar nuevos edificios que sean respetuosos con sus contextos históricos y evalúen sus impactos.

#### **5.1.1.2** *Carta de Cracovia (2000): Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido.*

A partir de la Carta de Venecia, de 1964, que fue el primer hito importante para la aplicación, en el ámbito mundial, de principios normativos en cuanto a la teoría y la práctica de la restauración arquitectónica, se elaboró en 2000 la Carta de Cracovia. Este texto entrega como resultados los Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido. Este documento emergió de los participantes de la Conferencia Internacional sobre Conservación "Cracovia 2000" dónde el foco estuvo puesto en el patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen, y que son el resultado de una identificación con varios momentos asociados a la historia y a sus contextos socioculturales.

Dentro de los aspectos más importantes que se mencionan en este documento (Cristinelli, 2002), el mantenimiento y la reparación son una parte fundamental del proceso de conservación del patrimonio. Estas acciones tienen que ser organizadas con una investigación sistemática, inspección, control, seguimiento y pruebas. Además, hay que informar y prever el posible deterioro, y tomar las adecuadas medidas preventivas. Se propone que la conservación del patrimonio edificado sea llevada a cabo, según el proyecto de restauración, que incluye una estrategia para su conservación a largo plazo. Este "proyecto de restauración"

debería basarse en una gama de opciones técnicas apropiadas y organizadas en un proceso cognitivo que integre la recogida de información y el conocimiento profundo del edificio y/o del emplazamiento. Este proceso incluye el estudio estructural, análisis gráficos y de magnitudes y la identificación del significado histórico, artístico y sociocultural. En el proyecto de restauración deben participar todas las disciplinas pertinentes y la coordinación deberá ser llevada a cabo por una persona cualificada y bien formada en la conservación y restauración. Además, se menciona que debe evitarse la reconstrucción en “el estilo del edificio” de partes enteras del mismo. La reconstrucción de partes muy limitadas con un significado arquitectónico puede ser excepcionalmente aceptada a condición de que esta se base en una documentación precisa e indiscutible. Si se necesita, para el adecuado uso del edificio, la incorporación de partes espaciales y funcionales más extensas, debe reflejarse en ellas el lenguaje de la arquitectura actual. La reconstrucción de un edificio en su totalidad, destruido por un conflicto armado o por desastres naturales, es solo aceptable si existen motivos sociales o culturales excepcionales que están relacionados con la identidad de la comunidad entera.

La importancia de la Carta de Cracovia, es la importancia de la información y gestión documental en la preservación histórica del patrimonio edificado. Se establece el acto de restauración como un proceso de conocimiento, esto significa que, hay que definir un mecanismo de conocimiento dentro de las organizaciones que resguardan los edificios patrimoniales separándolo en tres etapas: generación, codificación y transferencia de saberes e información para un logro más efectivo de los resultados.

#### **5.1.1.3 ICOMOS**

Una entidad asociada a la UNESCO es el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, también conocido como ICOMOS. Esta organización civil no gubernamental, se dedica a la promoción de la teoría, la metodología y la tecnología aplicada a la conservación, protección y puesta en valor del patrimonio cultural. En este sentido, y respecto a los edificios, esta entidad aborda el patrimonio cultural edificado como un referente de cultura y diversidad, incluyendo la conservación y mantenimiento de los edificios. Según Lourenço (2014) considera que las

construcciones pueden verse afectadas por problemas que amenazan la integridad de los edificios y de las personas. De esta forma, emergen pautas de desarrollo para el diseño y mejoramiento de las orientaciones del patrimonio mundial. Puede considerar evaluaciones de impacto en las áreas de inspección, pruebas no destructivas, monitoreo y análisis estructural de edificios históricos, junto con criterios de reutilización y conservación para definir medidas de reparación más seguras, económicas y apropiadas.

ICOMOS ha definido algunos principios (ICOMOS 2003), que se agrupan en criterios generales, investigaciones y diagnóstico, y, además, medidas correctoras y controles. Dentro de estas últimas destaca que, los tratamientos para dar solución a los problemas, los que deben abordar las causas fundamentales en lugar de los síntomas. Para ello, la mejor forma es mediante el mantenimiento preventivo, aunque no aborda el mantenimiento predictivo. Se indica que, la evaluación de la seguridad y la comprensión de la importancia de la estructura deben ser la base para las medidas de conservación y refuerzo. Además, no se deben emprender acciones sin demostrar que son indispensables y que cada intervención debe ser proporcional a los objetivos planteados, reduciendo así al mínimo la intervención para garantizar la seguridad y perdurabilidad con el menor daño a los valores patrimoniales. Asimismo, el diseño de la intervención debe basarse en una comprensión clara de los tipos de acciones que fueron la causa del daño y deterioro, así como aquellas que se toman en cuenta para el análisis de la estructura después de la intervención; porque el diseño dependerá de ellos. Por otra parte, el mismo texto menciona que deben establecerse plenamente las características de los materiales utilizados en los trabajos de restauración (en particular, los materiales nuevos) y su compatibilidad con los materiales existentes. Esto debe incluir impactos a largo plazo, de modo que se eviten los efectos secundarios indeseables. Y, que las cualidades distintivas de la estructura y su entorno, en su estado original o anterior, no deben destruirse. Cada intervención debe, en la medida de lo posible, respetar el concepto, las técnicas y el valor histórico de los estados originales o anteriores de la estructura y dejar evidencias que puedan ser reconocidas en el futuro. Toda propuesta de intervención deberá ir acompañada de un programa de



control que se realizará, en la medida de lo posible, durante la ejecución de la obra. Finalmente, destaca que, se deben realizar controles y seguimientos durante y después de la intervención para comprobar la eficacia de los resultados. lo que implica que todas las actividades de control y seguimiento deben documentarse y conservarse como parte de la historia de la estructura.

Como se pudo ver, existen normativas a nivel mundial que determinan lo que es patrimonio y dan pautas generales de conservación, a continuación, se indica como es el tratamiento del patrimonio a nivel más particular, en España:

### **5.1.2 Normativa Española**

La protección del patrimonio cultural en España, en sus grandes líneas, proviene del desarrollo normativo de la Constitución de 1978. Ésta consagra los derechos ciudadanos de naturaleza socio-cultural junto con los derechos y libertades constitucionales clásicos (Velasco 2002).

La normativa española se desarrolla a través de un cuerpo de regulaciones legales, con rango de Leyes, Reales Decretos y Órdenes Ministeriales, de carácter estatal, que han sido implementadas por regulaciones legales de rango autonómico y local.

Al estar transferidas las competencias a las Comunidades Autónomas que gestionan su patrimonio de acuerdo con su ordenamiento legal, la protección del patrimonio se enfrenta a cierta complejidad por la diversidad de aspectos legales, competencias administrativas y diferencias de calificación.

Responde a tres grandes escalas, Patrimonio Histórico Español (regulado por legislaciones estatales) Patrimonio de las Comunidades Autónomas (regulado por legislaciones autonómicas) y, dentro de éstas, Patrimonio de los propios Municipios (regulado por planes especiales y normativas urbanísticas). Se han analizado las legislaciones en dos grandes ámbitos: estatal y autonómico.

#### **5.1.2.1 *Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español***

El ámbito de aplicación de esta ley es la protección, acrecentamiento y transmisión a las generaciones futuras del Patrimonio Histórico Español, el cual está

conformado por inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte de este el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico. Asimismo, forman parte del Patrimonio Histórico Español los bienes que integren el Patrimonio Cultural Inmaterial, de conformidad con lo que establezca su legislación especial.

El objetivo de la ley es la protección, acrecentamiento y transmisión a las generaciones futuras del patrimonio Histórico Español: “garantizar la conservación del Patrimonio Histórico Español, así como promover el enriquecimiento de este y fomentar y tutelar el acceso de todos los ciudadanos a los bienes comprendidos en él”.

La norma establece niveles de protección de acuerdo con la función de las características del objeto a proteger. Existe el régimen general y los regímenes especiales.

Dentro del régimen general existen 3 niveles de protección de acuerdo con su relevancia, ordenados de menor a mayor protección:

- a) Patrimonio Histórico Español. Este sería el grado mínimo de protección de un bien. Integran el Patrimonio Histórico Español todos los bienes inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el Patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, los sitios naturales, jardines y parques, que tengan un valor artístico, histórico o antropológico (Ley 16/1985, art.1).
- b) Inventario General de Bienes Muebles. En un nivel superior de protección, están los bienes incluidos en el Inventario General de Bienes Muebles, que poseen un notable valor histórico, arqueológico, científico, artístico, técnico o cultural, y que no hayan sido declarados de interés cultural. (Ley 16/1985, art 26).

- c) Bienes de Interés Cultural (BIC). El grado máximo de protección lo constituyen aquellos bienes inmuebles y bienes muebles declarados de interés cultural. Estos bienes se incluyen en el Registro General de Bienes de Interés Cultural.

Dentro de los regímenes especiales la ley recoge categorías de las cuales se desarrollan normas de protección concretas: a) Patrimonio Arqueológico b) Patrimonio Etnográfico c) Inventario de Bienes Muebles de la Iglesia Católica d) Patrimonio Documental e) Patrimonio Bibliográfico

Como consecuencia de las transferencias que la Constitución establece en materia de gestión y tutela del patrimonio a las Comunidades Autónomas, todas las comunidades autónomas regulan su patrimonio a través de leyes y decretos que tienden a desarrollar de manera más expresa la normativa estatal establecida en la Ley 16/1985 de la que todas parten.

A rasgos generales, todas abordan la regulación de las distintas categorías de patrimonio y se incorporan figuras como Los Lugares de Interés Etnológico, Patrimonio Industrial, Paisaje Cultural, Lugares Culturales, Zona Patrimonial y Vía Histórica.

No obstante, estos esfuerzos para regular lugares con información semántica relacionada entre sí con los espacios compuestos y complejos, por razón del contenido material que identifica los objetos en ellos ubicados y la naturaleza disciplinar y sectorial de su estudio, puede resultar políticamente contraproducente, jurídicamente contradictorio e ideológicamente simplificador o reduccionista al tratarse de realidades mucho más ricas, interactivas e inseparables (García-Bellido, 1988). Es por esta razón que surgen las normativas de las comunidades autónomas, que en el caso de Andalucía se detalla a continuación:

#### **5.1.2.2** *Ley 14/2007 del Patrimonio Histórico de Andalucía*

Andalucía, a partir del año 1991, cuenta con una legislación para regular el patrimonio de la comunidad. Dicha ley, complementaba a grandes rasgos la ley estatal (Salvatierra, 1994).

La ley actual, abarca con mayor detalle su ámbito de aplicación: “Todos los bienes de la cultura, materiales e inmateriales, en cuanto se encuentren en Andalucía y revelen un interés artístico, histórico, arqueológico, etnológico, documental, bibliográfico, científico o industrial para la Comunidad Autónoma de Andalucía”

La norma Andaluza, a su vez, define criterios de conservación, la cual señala: “Las restauraciones respetarán las aportaciones de todas las épocas existentes, así como las pátinas, que constituyan un valor propio del bien. La eliminación de alguna de ellas sólo se autorizará, en su caso, y siempre que quede fundamentado que los elementos que traten de suprimirse supongan una degradación del bien y su eliminación fuere necesaria para permitir la adecuada conservación del bien y una mejor interpretación histórica y cultural del mismo. Las partes suprimidas quedarán debidamente documentadas”. También señala que los materiales de construcción deben ser compatibles con el bien, deben responder estructuralmente a los ya empleados y además se deben utilizar técnicas constructivas compatibles con la tradición constructiva. Se deben evitar intentos de reconstrucción, salvo que en su reposición se utilicen algunas partes originales de los mismos o se cuente con la precisa información documental y pueda probarse su autenticidad.

Como se puede observar, en España se tiene una normativa que abarca todos los aspectos, primero a nivel estatal, y cada comunidad autónoma tiene su propia legislación, no solo el cuidado del patrimonio, sino que su conservación, restauración y mantenimiento. En Chile, la situación es la siguiente:

### **5.1.3 Normativa Chilena**

Como la mayoría de los países latinoamericanos, en Chile todas las actividades de valor histórico y patrimonial tienen una dimensión jurídica que remite a las relaciones sociales y su evolución cultural. A partir de esta noción, es posible entender la importancia que reviste haber ampliado en los últimos años la legislación asociada al campo cultural del país. En particular, y según Morales (2014) se trata de iniciativas legales tendientes a fortalecer ámbitos como la institucionalidad pública, la participación de la sociedad civil en el financiamiento a las artes y el

patrimonio, o la generación de nuevos espacios de difusión para la música y la producción de cine en alianza con otros países. La política cultural desde 2011 establece entre sus objetivos la necesidad de fortalecer y actualizar las normativas relacionadas con el arte y la cultura, promoviendo el estudio de la legislación artístico-cultural en general.

En Chile, existen varios cuerpos legales que dan un marco regulatorio a los edificios patrimoniales. En los últimos años, además, se observan cambios legales que dan cuenta de una tendencia en la relevancia que el país le está dando al patrimonio nacional. Por ejemplo, la ley N° 20.021, tiene el objeto de crear una nueva figura penal y sustituir la unidad en que se expresan las multas. Entre los cambios que realiza, agrega sanciones penales a los que de cualquier modo afecten la integridad del patrimonio nacional. Esta modificación endurece las medidas sancionatorias, reflejando la importancia que la nación le ha estado dando valor al patrimonio. Asimismo, la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones (ley 20.417) considera que el concepto de medio ambiente incluye elementos culturales. Que existe un sistema de responsabilidad ya que los daños al patrimonio cultural constituyen un daño ambiental. Dentro de ello está los daños a construcciones u objetos de carácter histórico o artístico cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia y daños a objetos destinados a permanecer en un sitio público, con carácter conmemorativo.

#### **5.1.3.1** *Ley de Monumentos Nacionales: Ley N°17.288*

La Ley N° 17.288, de 1970, que legisla sobre monumentos nacionales otorga al Consejo de Monumentos Nacionales llevar el registro de los edificios patrimoniales y otros antecedentes de este tipo de bienes. En la última modificación del año 2017, se establecen definiciones sobre monumentos nacionales, atribuciones y deberes del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). Esta repartición pública que depende del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, define un monumento histórico como lugares, ruinas, construcciones y objetos de propiedad fiscal, municipal o particular que por su calidad e interés histórico o artístico o por su antigüedad, sean declarados tales

### **5.1.3.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción**

Respecto al patrimonio en Chile, es importante reconocer que el Decreto N° 458, DFL 458, Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) y su reglamento Decreto N°47 , la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) entregan facultades a los municipios para abordar, en sus Planes Reguladores Comunales, tanto la declaración, como la reglamentación urbanística y morfológica del patrimonio inmueble que identifica a cada comunidad a nivel local, como también reconocer los Monumentos Nacionales, en sus diferentes categorías y reglamentarlos.

Por otra parte, la circular DDU N° 400/404, circular ordinaria N°0077, 12 de febrero de 2018 del MINVU da importancia a reconocer las particularidades del territorio, en la regulación de inmuebles y zonas patrimoniales de modo de lograr adecuadas condicionantes para la protección de su tipología arquitectónica y/o morfología urbana. Esta relevancia considera las características geográficas específicas de cada territorio, que hoy en día no son reconocidas. Esto debido a que los tipos de recursos de valor patrimonial cultural son siempre específicos a cada lugar según el contexto territorial y tipos de comunidades. Por tanto, las pautas de selección pueden contemplar variaciones de acuerdo con el contexto, dado por los valores y atributos específicos de cada caso en particular.

### **5.1.4 Análisis Normativa Patrimonial chilena v/s española**

Como se puede observar de lo anteriormente expuesto, es que existen semejanzas entre la normativa española y chilena en el ámbito de definición de patrimonio y su forma de legislar: en España se encuentra la ley que vela de forma general por el patrimonio del Estado, y también está la ley que actúa específicamente en las Comunidades Autónomas. En Chile ocurre algo similar: Está la normativa que regula de forma general el patrimonio y cada municipio tiene su plan regulador que vela por la conservación del patrimonio perteneciente a él.

En el caso de las normas autónomas, se señala una desventaja ligada a que existen muchas formas de legislar diferentes dependiendo de la comunidad autónoma, lo que dificulta la toma de decisiones, lo mismo podría suceder en Chile

en la definición de planes reguladores de cada municipio, pero dado que no existen variedades de edificios protegidos como patrimonio, no se generan discordancias mayores.

Otro punto que llama la atención es que la normativa española menciona como patrimonio todo lo documental, y le da relevancia a ese ámbito, lo que implícita que se encuentra un poco más avanzado en la gestión documental patrimonial que Chile, puesto que en la legislación chilena no se le da relevancia a ese ámbito. A continuación, se dará un mayor detalle sobre las características del patrimonio en Chile:

## **5.2 PATRIMONIO EN CHILE**

El patrimonio en Chile es la más amplia variedad de nuestras tradiciones, monumentos, objetos y cultura heredados. El valor y su potencial está en la gama de actividades, significados y comportamientos contemporáneos que extraemos de ellos. Hay que tener en cuenta que el patrimonio resguarda la información valiosa, ya sea elementos tangibles o intangibles. De esto último, se puede mencionar, canciones, recetas, idiomas, bailes y otros elementos que son parte de una colección de edificios y sitios arqueológicos. Asimismo, el patrimonio cultural tangible genera diversas externalidades positivas, que según Chaparro y Prospectiva (2018) pueden ser el valor de existencia, valor identitario, valor de legado, valor de cohesión, valor político, valor de prestigio, valor de educación, lo cual fundamenta la inversión en su gestión.

Por otra parte, el patrimonio en el país es, o debería ser, objeto de activa reflexión, debate y discusión pública. Dicho análisis permite, por ejemplo, saber qué es valioso o que ya podemos dejarla atrás o si hay propietario del pasado o quién tiene derecho a hablar en nombre de las generaciones pasadas. La discusión pública activa sobre el patrimonio material e intangible es una faceta valiosa de la vida pública en nuestro mundo multicultural. En este sentido, Matus-Madrid et al. (2019) uno de los principales ejes de transformación del significado de lo patrimonial marca el paso desde una mirada tradicional asociada a la conservación y la

monumentalidad a un enfoque socio-cultural que explora en sus usos sociales y significados colectivos.

Así entonces, el patrimonio son un conjunto de bienes propios contemporánea con efectos de largo alcance para la sociedad chilena. Puede ser un elemento de planificación urbana y regional con visión de futuro. Puede ser la plataforma para el reconocimiento político, un medio para el diálogo intercultural, un medio de reflexión ética y la base potencial para el desarrollo económico local.

### **5.2.1 Características de los edificios patrimoniales**

Como patrimonio es parte esencial del presente que vivimos en Chile y del futuro de la humanidad, existen sitios del patrimonio mundial en Chile reconocidos por la UNESCO. Entre los más significativos destacan: Parque Nacional Rapa Nui, Casco histórico de la ciudad portuaria de Valparaíso, Oficinas Salitreras Humberstone y Santa Laura, Pueblo minero de Sewell, Sistema vial andino Qhapaq Ñan (sitio transfronterizo), Asentamiento y Momificación Artificial de la Cultura Chinchorro en la Región de Arica y Parinacota, y Iglesias de Chiloé ubicadas en el sur del país. El catálogo completo de monumentos es un registro dividido en 5 categorías donde, por ejemplo, podemos mencionar, 918 monumentos históricos, 37 de estos están ubicados en la zona sur. De estos 37, 26 son iglesias de madera y 16 de estas iglesias son consideradas patrimonio de la humanidad.

#### ***5.2.1.1 Características generales***

En Chile, el Consejo de Monumentos Nacionales ha declarado que impulsa una modernización de las políticas públicas de los museos nacionales, en tanto entidades capaces de contribuir a la promoción de la cultura, la formación ciudadana y el desarrollo social. Se está también, propiciando una gestión eficiente de los bienes y sitios culturales para promover la investigación sobre el patrimonio, con el fin de interactuar con los hábitos culturales contemporáneos y construir ciudadanía. Esto implica situar el patrimonio cultural del país en un lugar central en el tejido social, educativo y cultural, a partir de la implementación de estrategias innovadoras.



### **5.2.1.2** *Materialidad*

Las técnicas de conservación para el análisis y la preservación de los materiales patrimoniales en edificios están en constante progreso. La incorporación de técnicas analíticas y métodos de procesamiento de datos que surgieron en la última década a nivel global han permitido trabajos en distintos edificios patrimoniales en el país.

En la búsqueda de criterios de mantenimiento, las técnicas analíticas proporcionan una descripción de qué tipo de material es adecuado según el tipo de conservación. Las diferentes técnicas de muestreo que se pueden emplear y, el manejo y procesamiento de los datos resultantes muestran avances en línea con lo que sucede a nivel global. Todos los materiales patrimoniales comunes, desde sustancias naturales como la madera y la piedra hasta los plásticos modernos, muestran avances de técnicas favorables a la preservación de construcciones en todo el país.

### **5.2.1.3** *Entorno*

Al revisar el entorno de los edificios patrimoniales, es posible recoger como objeto proteger los valores sociales, estéticos, económicos, históricos y ambientales que rodean estas construcciones. Dentro de esto se incluyen los lugares, obras, reliquias, muebles y recintos de significación relevante. También, hay que tener en cuenta el patrimonio natural construido que rodea a cada edificio, lugares y objetos aborígenes y patrimonio cultural como historias, tradiciones y eventos heredados del pasado.

### **5.2.1.4** *Historia*

El valor histórico de un edificio patrimonial es intrínseco, generalmente considera un tipo de relación entre las personas en el presente que están conectadas con él a través de eventos pasados de alguna manera. Este valor justifica que se le tenga en cuenta en las decisiones de designación como monumento o construcción patrimonial. Un edificio puede tener un interés histórico especial debido a su importancia con respecto a un evento o período histórico en particular, o estar asociado con personas importantes a nivel nacional.

Alternativamente, podría haber un interés histórico especial en el edificio mismo, es decir, sus métodos de construcción, diseño, significado arquitectónico, etc. En Chile, los edificios que son de interés arquitectónico e histórico y que son reconocidos oficialmente son parte del plan de desarrollo de una autoridad local o en el marco de desarrollo local.

### **5.2.2 Tratamiento de la información**

Según Talaverano (2014) la documentación gráfica de edificios históricos constituye una de las herramientas más potentes para la preservación de sus valores culturales materiales y es la base para su investigación, conservación y difusión, pero, a su vez, es uno de los ámbitos que más ha generado problemas (López, et al., 2018), puesto que no se encuentra con la información documentada histórica del patrimonio, teniendo en consideración que los elementos del edificio patrimonial pueden haber cambiado con el tiempo (Simeone, et al., 2019).

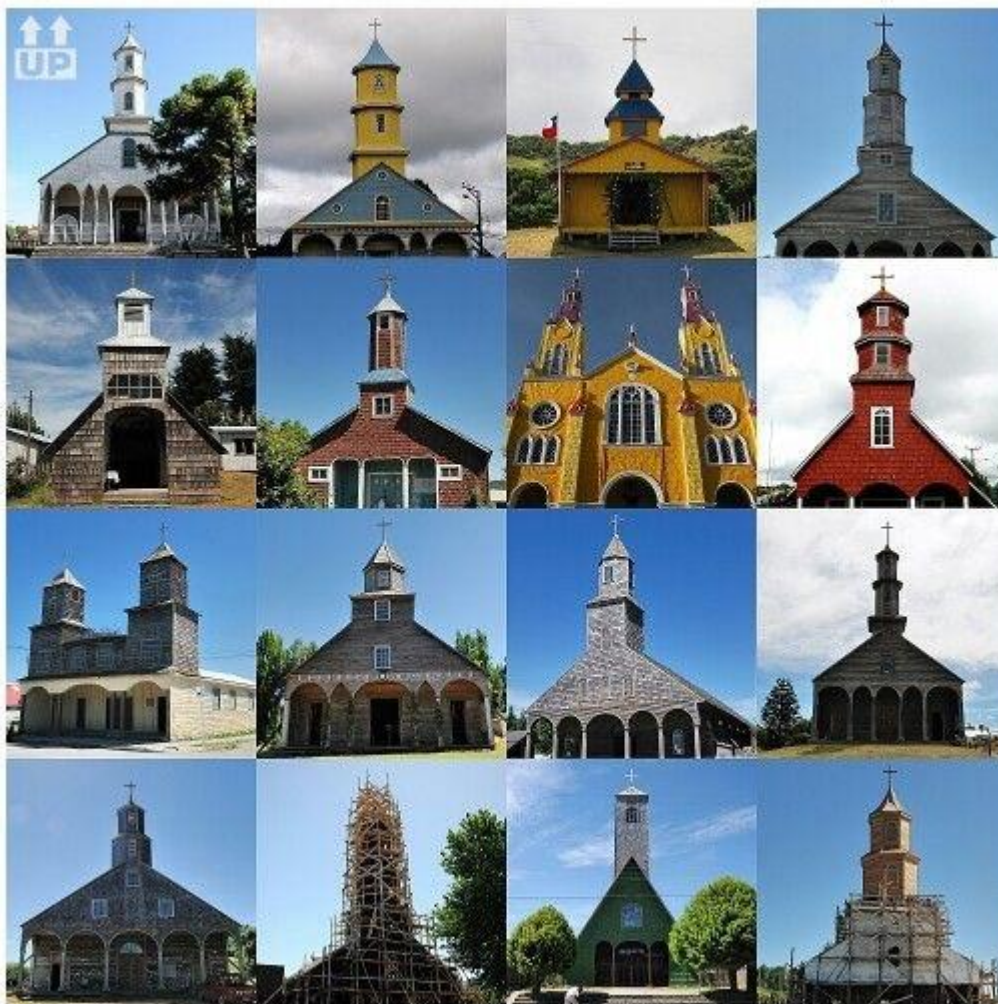
El tratamiento de la información de los edificios patrimoniales en Chile se va generando a través de relatos de las personas, es por eso por lo que existe un programa de Educación Patrimonial, que busca la valorización de los bienes patrimoniales. Lo importante, según señala Vargas, et al. (2018), es vincular a la comunidad en la preservación del Patrimonio, puesto que ahí se va transmitiendo información.

La información patrimonial debe tener una visión multidimensional de la sociedad, incluyendo valores y concentrar acciones que promuevan una conservación integrada (Corbalán, et al., 2017).

En las iglesias de Chiloé, son los locatarios de las zonas los que tienen el conocimiento sobre las intervenciones que se han realizado a su patrimonio, pero no tienen un sistema de registro de información heredable, más que su conocimiento adquirido traspasado de generación en generación (Rodríguez. 2015). Lo mismo ocurre con el patrimonio en otras partes de Chile, en donde se está buscando tener un registro de información actual, pero no existe un registro detallado de la información histórica, lo que dificulta la toma de decisiones y la intervención en un contexto cultural propio del patrimonio.

### **5.2.3 Iglesias de Chiloé**

En el archipiélago de Chiloé frente a las costas de Chile hay unas 70 iglesias construidas en el marco de una “Misión Circular” introducida por los jesuitas en el siglo XVII y continuada por los franciscanos en los siglos XVIII y XIX. Las muestras más excepcionales de esta singular forma de arquitectura eclesiástica en madera (la llamada Escuela de Arquitectura Chilota) son las que se observan en la imagen 4, correspondientes a las iglesias de Achao, Quinchao, Castro, Rilán, Nercón, Aldachildo, Ichuac, Detif, Vilupulli, Chonchi, Tenaún, Colo, San Juan, Dalcahue, Chellín y Caguach (UNESCO, 2000). Estas dieciséis iglesias son ejemplos destacados de la exitosa fusión de las tradiciones culturales europeas e indígenas. La habilidad de los chilotes como constructores alcanzó su máxima expresión en estas iglesias de madera, donde campesinos, pescadores y marineros demostraron una gran pericia en el manejo del material más abundante en este entorno, la madera. Junto con las iglesias, la cultura mestiza resultante de las actividades misioneras de los jesuitas ha sobrevivido hasta nuestros días.



*Imagen 4: Iglesias de Chiloé declaradas patrimonio. Fuente: <https://twitter.com/albertolarraains/status/1025889763713277952>*

Este aislado archipiélago fue colonizado por los españoles a mediados del siglo XVI. Los jesuitas, que llegaron en 1608, utilizaron un sistema de misión circulante en su evangelización de la zona: grupos religiosos realizaban giras anuales por el archipiélago, permaneciendo algunos días en lugares donde se levantaban iglesias junto con las comunidades de creyentes (Senn, 2017). El resto del año un laico especialmente preparado atendía las necesidades espirituales de los habitantes. Las técnicas constructivas y la arquitectura de las iglesias de Chiloé son propias de este lugar: la experiencia europea fue adaptada y reformulada, dando lugar a una tradición vernácula, sustentada en una gran cantidad y variedad de testimonios que aún se mantienen en vigencia. Junto con la cultura del

archipiélago, estas iglesias son el resultado de un rico y extenso diálogo e interacción intercultural.

Junto con su diseño arquitectónico básico (fachada de torre, planta basilical y techo abovedado), estas dieciséis iglesias son significativas por su material de construcción, sus sistemas constructivos y la maestría demostrada por los carpinteros chilotes, así como por su decoración interior, particularmente la tradicional los colores y las imágenes religiosas. Las iglesias se distinguen por una tradición indígena de construcción en madera fuertemente influenciada por las técnicas de construcción de barcos, como lo demuestran las formas y las uniones de las estructuras de la torre y el techo (Delgado, 2015). La orientación y ubicación de las iglesias es deliberada: construidas según las exigencias del mar, se dispusieron sobre colinas para ser vistas por los navegantes y evitar inundaciones. Sus explanadas asociadas siguen siendo componentes importantes: encarnan la comunicación con el mar; son escenarios de fiestas religiosas; e incluso aquellas que han sido transformadas en plazas formales todavía evocan la llegada de los misioneros durante su misión circulante. Prácticas devocionales y comunitarias, festivales religiosos y actividades grupales de apoyo como La Minga (trabajo comunitario no remunerado) son componentes clave de los valores intangibles de la relación entre las comunidades y las iglesias. También es de importancia el subsuelo de las iglesias, que algún día puede revelar información sobre la relación entre la ubicación de las iglesias y los sitios rituales indígenas prehispánicos. A continuación, se detallará el material constructivo utilizado mayoritariamente en estas iglesias: La madera.

### **5.3 MADERA**

La madera es un material orgánico, liviano, fácil de manipular, heterogéneo, anisótropo, higroscópico y natural con una estructura celular, lo que hace que puede tener naturaleza y formas variables. Actualmente se utiliza mayoritariamente el acero y el concreto, pero se sabe que la madera fue utilizada desde la época precolombina para techar las edificaciones y en la colonia originó y sustentó todo un artesanado. En países como en Chile, que es un país altamente sísmico, la

madera es un buen material para construir, además de ser uno de los materiales menos costosos de adquirir y reparar (Amaya, 1976).

La madera se compone de una estructura macroscópica, microscópica y submicroscópica.

Dada su composición, presenta particulares propiedades mecánicas que dependen del esfuerzo y orientación de las fibras que la componen. Cuenta con tres direcciones: la axial, que es la que se encuentra paralela a las fibras y es donde la madera presenta sus mejores propiedades mecánicas; la dirección radial que es la perpendicular a la dirección axial y se visualizan los anillos de crecimiento y la dirección tangencial, localizada en la sección transversal pero tangente a los anillos de crecimiento (González 2015).

Los cambios volumétricos más importantes se producen de forma tangencial, por el contrario, a nivel radial el cambio de dimensión es mínimo.

### **5.3.1 Factores que condicionan la resistencia de la madera**

#### **5.3.1.1 *Humedad***

Condiciona las respuestas físico - mecánicas y propician e inhiben la presencia de insectos y parásitos en la madera. El agua se encuentra en la madera como agua libre, la cual se encuentra dentro de las células, una vez perdida esta humedad, solo se puede recuperar por inmersión directa en agua; y el agua ligada, que es la que se encuentra retenida por la pared celular hasta su saturación completa, es responsable de los procesos de hinchazón y merma (Mata, 2011).

La madera disminuye su volumen cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Mediante el comportamiento de sorción y desorción, la madera establece un equilibrio dinámico con la humedad de su entorno, por lo que sus dimensiones disminuyen cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación y aumenta de dimensión cuando humedad crece. Por esta razón, antiguamente se tendía a sobredimensionar la madera (González, 2015)

#### **5.3.1.2 *Secado de la madera***

La pérdida de humedad de la madera se produce una vez talada, hasta alcanzar el equilibrio de la humedad ambiental. En la primera parte se pierde agua rápidamente proveniente de las que se encuentra libre en cavidades celulares y en capas exteriores de la madera, no produce mayores cambios en la madera. En segunda parte, empieza el momento de evaporación de agua desde el exterior hacia el interior, es en esta parte donde se producen las fendas en la madera. Finalmente, se producirá la pérdida de la humedad presente en las paredes celulares, la cual influye en la estabilidad dimensional de la madera, y si esto sucede de forma rápida, la madera colapsa, por eso es importante que el proceso de pérdida de agua higroscópica sea lento (Fogliá, 2005).

#### **5.3.1.3** *Agentes destructores bióticos*

Al ser un material de origen orgánico, es fuente de alimentación de todo tipo de hongos e insectos, que, en condiciones adecuadas de desarrollo, terminan destruyéndola parcial o totalmente. Su presencia puede ser eliminada o controlada, aplicando algunos procesos de cuidado en la madera (Caneva, 2000).

- a) Hongos Xilófagos: Fabrican enzimas para degradar a todos o algunos de los componentes. Se desarrollan en ambientes en donde existe oxígeno gaseoso, una humedad alta y una temperatura comprendida entre los 20 y 25 grados. Existen de dos tipos:
  - Hongos Cromógenos: Tienen por efecto modificar el aspecto de la madera (color), a través de la degradación de la pared celular.
  - Hongos de pudrición: Modifican propiedades mecánicas y físicas de la madera.
- b) Insectos: Destruyen la madera.
  - Coleópteros: Especie de larvas que atacan la madera, dado que se nutren de ésta, y pueden llegar a la destrucción completa de la pieza.
  - Imagos: Tipo de coleóptero que vive corto periodo, se detecta su presencia dado que luego de completar su ciclo larvario, perforan un orificio en la madera, los cuales son visibles. Son peligrosos dado que no existen medidas

constructivas para disminuir su proliferación y la humedad interviene poco en su desarrollo. Se deben emplear medidas preventivas.

- Termitas: Son los más complejos, son colonias de insectos que rara vez se encuentran en madera seca que tenga buenas condiciones de ventilación. Se encuentran en maderas donde existe humedad por efecto de acumulación de agua (Zanni, 2008).

#### **5.3.1.4** *Agentes destructores abióticos*

Son todas esas alteraciones que se originan por algo no vivo: efectos mecánicos, químicos, atmosféricos o la acción del fuego.

La foto degradación produce grietas en la madera en donde se instalan mohos que alimentan a insectos, lo que debilita la madera mecánicamente, lo que, combinado con el viento y la lluvia, la destruyen. El sol produce pérdida de volumen, se estima que la madera en 100 años a la intemperie pierde 6 cm.



*Imagen 5: Patologías de la madera. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial iglesia de Detif.*

En la imagen 5 se pueden observar daños a los que se encuentran expuestas las iglesias de Chiloé. De izquierda a derecha se observa:

- Se observa aparición de fendas en tijerales, debido a la brusquedad de los cambios climáticos. Abriendo nuevas vías de agresión para hongos xilófagos.
- Presencia de insectos xilófagos activos de tipo Anóbidos (carcoma) en estructura de techumbre.



- Manchas de humedad en tijerales, probablemente por filtraciones desde techumbre, debido a que tejuelas presentan pérdida de espesor en las piezas, éstas se encuentran al límite de cumplir su vida útil.
- Aristas faltantes en algunos tijerales. Probablemente se reubicaron piezas que anteriormente cumplían función estructural en otra posición.

Por todo lo anterior mencionado es que hay que cuidar la madera tanto en exteriores como en interior, además, la higroscopicidad de la madera hace que ésta absorba vapor de agua de la atmósfera, lo cual influye en la estabilidad dimensional de la madera, por lo que se sugiera tener precaución con la temperatura, la humedad, la radiación solar.

El fuego es otro factor que afecta a la madera, ya que es un material combustible, pero a pesar de eso, su resistencia al fuego es alta y una baja conductividad térmica, ya que su carbonización se produce desde capas exteriores a las interiores lentamente, lo que permite la evacuación. Otro beneficio que tiene la carbonización es que la madera al ir perdiendo agua con el calor aumenta su resistencia a la compresión y a la flexión (Barreiro & Hirsch, 2011).

Ya que se conocen las propiedades de la madera, junto con sus posibles patologías, se puede hablar de conservación y mantenimiento de los edificios patrimoniales de Chiloé.

#### **5.4 TECNICAS DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS PATRIMONIALES**

Una parte importante de lo que le da carácter a una nación y entrega un sentido de comunidad es su historia. Una forma de reconocer esta historia es preservando edificios y estructuras históricas, en este sentido, un ejemplo de un estilo particular de arquitectura puede representar una era significativa, o un hito en la historia de la sociedad. Por lo tanto, es valioso conservar y dar mantenimiento a estos edificios históricos, ya que la preservación de este patrimonio insustituible es de interés público para que su legado vital de beneficios culturales, educativos, estéticos, inspiradores, económicos y energéticos se mantenga y enriquezca para

las futuras generaciones. El mantenimiento es una respuesta para contrarrestar el deterioro en la construcción (Zhu, et al., 2013)

A continuación, se mencionará a grandes rasgos la forma de mantenimiento que tiene España y Chile en cuanto a tratamiento y conservación:

#### **5.4.1 Mantenimiento en España**

En España, el mantenimiento de edificios se encuentra regulado por la norma UNE-EN 15331 (2012), que define el mantenimiento de edificios como la “combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, realizadas durante el ciclo de vida de un edificio, destinado a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida”

El mantenimiento de estos edificios en España tiene, comúnmente, una naturaleza reactiva, estando condicionada por criterios subjetivos y por la existencia de fondos disponibles para la realización de las acciones de rehabilitación (Prieto, 2018). Estos fondos surgen de diversos programas que realiza el Ministerio para la conservación y enriquecimiento del patrimonio, en donde financia trabajos de rehabilitación, restauración y recuperación dirigidos a revitalizar los bienes que lo integran. Con esto también contribuyen a la creación de empleo y a la sostenibilidad medioambiental, social y económica del país.

El mantenimiento del patrimonio cultural español se realiza de forma especial dependiendo del elemento que se considere, dado que se debe velar por la autenticidad tanto como material como intangible, se tienen en cuenta aspectos que deterioran la construcción, como ambientales, contaminantes, constructivos y antropogénicos (Jimeno, 2006).

#### **5.4.2 Mantenimiento en Chile**

Por otro lado, Chile es un país sísmico, debido a esto su diseño suele ser de larga vida útil. A medida que avanza más la sociedad y la tecnología, este concepto cobra más relevancia en el país. "El mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia creciente en el transcurso de las últimas décadas, principalmente a causa de la sofisticación de las instalaciones del edificio. Un edificio se diseña para una vida útil operativa de 50 años" (García, 2014). Después del último gran

terremoto de 2010, la política gubernamental reforzó las estrategias de reconstrucción y mantenimiento, donde ochenta y seis edificios patrimoniales fueron sometidos a trabajos de conservación. A raíz de ello se constituyó el Fondo del Patrimonio Cultural, que por primera vez tuvo una consagración legal en la Ley de Presupuesto de la Nación número 20.641 del año 2013.

### **5.4.3 Técnicas de Mantenimiento y Conservación**

#### ***5.4.3.1 Mantenimiento Correctivo***

Este tipo de mantenimiento se basa en actuar sobre la construcción después de haberse producido la falla. Se realiza una actividad de mantenimiento luego del reconocimiento de una falla y con el fin de llevar la parte o elemento del edificio a un estado en el cual pueda realizar una función requerida. En base a la forma de realizar la reparación de la avería, se distinguen dos tipos de intervenciones, paliativas y curativas (García, 2014):

- Intervenciones paliativas: Tienen carácter de provisionalidad, se realizan in situ y deben conllevar una segunda intervención para completar la solución de la avería.
- Intervenciones curativas: Tienen carácter definitivo y se pueden realizar in situ, o bien en un taller de mantenimiento.

#### ***5.4.3.2 Mantenimiento Preventivo***

Su objetivo es prevenir la ocurrencia de fallas, según Holguín (2013) se trata de un mantenimiento realizado en intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios prescritos y con el fin de reducir la probabilidad de falla o la degradación de la funcionalidad del ítem. Esto está en línea con Olivares (2015) quien menciona que es conjunto de operaciones de inspección (programadas y planificadas) periódica de los elementos y equipos, necesarias para adelantarse a fallos que puedan ser de vital importancia en el funcionamiento de las instalaciones. La finalidad de estos trabajos es prever el fallo antes de que ocurra y eliminar sus causas potenciales, con lo que se va a conseguir tener un mejor estado del edificio a mantener. Se efectúa con la intención de reducir la probabilidad de fallo de un activo y las intervenciones se realizan aun cuando la instalación esté operando

satisfactoriamente. Permite alargar los ciclos de vida de los activos, disminuyendo así el número y la gravedad de los fallos, y a la larga, reducir los costes derivados de ellos (EUBIM, 2015; Jurado, 2015). No obstante, hay que señalar que, aunque se establezca estrategias de mantenimiento preventivo, siempre habrá la posibilidad de fallas imprevistas, por lo que se necesitará de un mantenimiento correctivo, debido a que las tareas son realizadas por personas y a que la tecnología por más avanzada que sea no es perfecta. Por ello, se considera que el mantenimiento correctivo actúa de guardaespaldas del mantenimiento preventivo (García, 2014). Además, hay que considerar que, desarrollando un plan preventivo de mantenimiento de forma correcta, se pueden obtener hasta un 30% de ahorro en comparación a un plan con enfoque correctivo (Process Management, 2003; Biazzo, et al., 2003).

#### **5.4.3.3** *Mantenimiento Predictivo*

El mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar posibles anomalías en el funcionamiento de un edificio antes que ocurran. Esto incluye, posibles defectos de componentes de la construcción y/o procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo. Puede depender de los fabricantes de las partes del edificio, equipos, quienes en base a un análisis de condiciones determinan cuándo y cómo se debe realizar el mantenimiento. Según Holguín (2013) el mantenimiento basado en la condición se efectúa realizando pronóstico derivado del análisis y la evaluación de los parámetros significativos de la degradación de un ítem. Todos los modos de fallo de un activo presentan síntomas previos que avisan que se va a producir la avería de un componente. Estos síntomas se pueden detectar utilizando las técnicas de seguimiento y control adecuadas (García, 2014). Por lo tanto, se puede decir que la estrategia del mantenimiento predictivo consiste en actuar en el periodo de tiempo en el que el activo (edificio, instalación y/o equipo) emite o muestra una serie de señales que indican que se ha iniciado el proceso de fallo, según indicaciones de sus fabricantes. Este tipo de mantenimiento establece entonces, las actividades de mantenimiento según las predicciones de los fabricantes, considerando ciertos síntomas previos al fallo, pudiendo tomar en cuenta las condiciones particulares en

las que el material, elemento y/o equipo, se encuentran inmersas (sus condiciones de uso, de colocación o ubicación, etc.).

## **5.6 METODOLOGÍA BIM EN EDIFICIOS PATRIMONIALES**

Unas de las formas de gestión de la información que se está aplicando hace algunos años en edificios patrimoniales es la metodología BIM, la cual presenta ventajas frente a la interoperabilidad y continuidad de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio:

### **5.6.1 Building Information Modelling (BIM)**

El modelamiento de información de un edificio o en inglés Building Information Modelling (BIM) que, según Piruat (2016), contiene una representación real de las partes utilizadas en el proceso de construcción de un proyecto y contiene la geometría, las relaciones espaciales, la información geográfica, el número y la naturaleza de los componentes del edificio, la estimación de costos, el calendario del proyecto y el inventario de material. Por otro lado, el modelo BIM es identificado, por el diccionario BIM (BIM dictionary, 2019) como una representación digital tridimensional (3D) basada en entidades, rica en datos, creada por un actor del proyecto utilizando una herramienta de software BIM. Sin embargo, BIM es algo más que esto, se trata de una metodología, una forma de hacer las cosas, acorde Besné et al. (2021), se trata de una metodología de trabajo para la gestión de proyectos de edificación u obra civil, en la que todos los agentes que intervienen en el proceso trabajan de forma colaborativa y durante todo el ciclo de vida del edificio.

El modelo de información podrá componerse de un conjunto de modelos propios de disciplina o proyectos parciales de arquitectura, estructuras, instalaciones u otros, organizados para que puedan ser federados o integrados de forma apropiada y facilitar la colaboración durante el desarrollo del proyecto. (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019).

#### **5.6.1.1 *Concepto de BIM***

Un modelo digital de información BIM corre el riesgo de ser inservible si la información que contiene no se puede sincronizar con los procesos de diseño, construcción, operación o mantenimiento durante el ciclo de vida de la edificación.

Esto incluye, los edificios patrimoniales, ya que se trata de una extensión del ciclo de vida, pero que mantiene la misma efectividad de uso del modelo para la toma de decisiones acorde con los objetivos del propietario. Según Chen et al. (2015) aún no se ha definido una taxonomía completa de la información con respecto a la gestión de proyectos, sin embargo, normalmente comprende la geometría del edificio, las relaciones espaciales y las cantidades y propiedades de los componentes del edificio. Además, la interoperabilidad de los distintos softwares genera un ecosistema complejo y enorme que cada día va desarrollando nuevos algoritmos de análisis para nuevos escenarios que se desean resolver o predecir.

#### 5.6.1.2 *Estándares y Normativas*

En Chile, respecto a los estándares, el Instituto Nacional de Normalización (INN) en 2018 organizó un Comité Espejo del Comité Técnico de ISO para la adaptación de normas internacionales, tales como, NCh-ISO 12006/3:2018; NCh-ISO 24481/1:2018, NCh-ISO 29481/2:2018 (BIM Forum Chile, 2019). Luego en 2019, la iniciativa gubernamental Plan Bim-Chile publicó el primer Estándar BIM para proyectos públicos, basado en los requerimientos mínimos para intercambio de información BIM establecidos en distintos estándares internacionales. Dentro de sus objetivos plantea “lograr un aumento de la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción”, siendo el alcance los proyectos públicos de diversa complejidad a lo largo de todo su ciclo de vida. Sin embargo, el mismo puede ser utilizado como guía de referencia para proyectos privados (CORFO, 2021). El propósito de este estándar además de estandarizar un vocabulario y una codificación de uso común es definir el intercambio de información entre el solicitante y los proveedores durante la evolución del proyecto, pero también entre este último y las empresas que le prestan servicios. Para este intercambio, el solicitante debe generar un documento denominado Solicitud de Información BIM (SDI BIM), donde se indique toda la información geométrica y no geométrica que debe ser entregada por el proveedor. En respuesta a esto, cada proveedor debe generar un Plan de Ejecución BIM (PEB). A su vez, estos documentos deben incorporar aspectos como los Usos, Entregables y Modelos BIM, Tipos de Información (TDI), Niveles de Información (NDI), estrategia de colaboración,

organización de los modelos, Estados de Avance de la Información de los Modelos (EAIM), entre otros. En el Anexo 1 se puede observar una tabla con las normas a nivel internacional sobre la aplicación de BIM.

#### 5.6.1.3 Dimensión 7 BIM: Facility Management

Es una disciplina que trata lo relacionado a la gestión de una edificación existente, cuya finalidad es dar soporte en lo relativo a la gestión y funcionamiento de los inmuebles y a todos los servicios que ellos lleven asociados, sin olvidar aquellos otros servicios que dan soporte al personal de la organización propietaria. Esta disciplina, se originó en EEUU, luego se desarrolló y expandió rápidamente por Europa desde los años noventa, y en la actualidad la mayoría de las organizaciones importantes la contempla dentro de su organigrama de gestión. La AIFM (Asociación Internacional de *Facility Management*) define el *Facility Management* como una profesión que abarca la disciplina múltiple para asegurar la funcionalidad del entorno construido mediante la integración de las personas, lugar, procesos y tecnología (AIFM, 2018). Esta disciplina entonces, integra a las personas, los espacios, los procesos de gestión y las tecnologías adecuadas para el correcto funcionamiento del edificio, y al mismo tiempo pretende crear las mejores condiciones de trabajo posibles y optimizando los costos de operación y mantenimiento del edificio (O&M). Entonces, el gestor de un edificio puede velar mejor la forma de gestionar los activos, es decir, involucra la gestión de todos los elementos, recursos, personas, espacios y actividades, en función del uso eficiente de ellos en la etapa de mantenimiento y operación. Lo que es muy importante si se sabe que los costos en esta etapa del proyecto llegan a ser del orden del 70% de los costos totales del ciclo vida del proyecto (Volk et. al., 2014). La tecnología, además, facilita y proporciona diferentes beneficios al *Facility Management*. Según Navarro (2015), aporta:

- 1) Interoperabilidad: Ser más eficaz para recopilar e integrar datos de diferentes fuentes.
- 2) Oportunidad de re-organizar: Se elimina la necesidad de tener un esquema piramidal de la organización. Con la tecnología se puede comunicar mejor y más rápidamente, puede haber un mejor seguimiento de responsabilidades y obligaciones.

- 3) Comunicación: Mayor rapidez y organización mediante conexión a software o bases de datos.

Un ejemplo claro del uso de tecnologías en esta disciplina sería entonces el uso de BIM para gestionar los edificios, ya que proporciona dos principales beneficios: El primero es que la misma información crítica está presente en un solo archivo electrónico, y el segundo, es que los responsables no tienen que revisar grandes cantidades de información para recopilar datos (Azhar, et. al, 2012).

### **5.6.2 Heritage Building Information Modelling (HBIM)**

La metodología BIM aplicada al patrimonio histórico es denominada Heritage Building Information Modelling (HBIM), fue usada por primera vez en 2009 en un artículo científico del profesor Murphy del *Dublin Institute of Technology*. Tiene un enfoque en el campo del modelado 3D así como en la gestión/valorización del edificio en sí. El desafío original está relacionado con el modelado, ya que es necesario desarrollar métodos simples para obtener modelos BIM que garanticen exactitud, precisión y calidad de representación. HBIM comienza con la recopilación remota de datos utilizando un escáner láser terrestre combinado con cámaras digitales, puede incluir ensayos no destructivos, con empleo de técnicas como ultrasonidos, análisis espectral y multiespectral, fotogrametría, fotografía de alta resolución, termografías y sonorización. Asimismo, se utiliza una gama de programas de software para combinar la imagen y los datos escaneados para crear modelos de las estructuras históricas (Murphy,2017). Sin embargo, el uso en mantenimiento del modelo tiene el mayor potencial de desarrollo, ya que el modelo se enriquece con datos e información que no sea puramente geométrica, como información histórica, análisis de la degradación o deformaciones, etc. Así, según Galiano (2020) esta herramienta genera repositorios con la datos y documentación de los edificios lo cual permite establecer nuevas relaciones con la sociedad, mejorando la conservación de los edificios y diseñando acciones que eviten riesgos futuros, a través de simulaciones que apoyan la toma de decisiones.



#### 5.6.2.1 *Información Geométrica, No Geométrica y Semántica*

El HBIM es un proceso aplicado a las construcciones existentes, ya sean monumentos, edificios o áreas patrimoniales. Con el HBIM se aplica el concepto ingeniería reversa en los edificios. Para elaborar el modelo se estudian los procesos que llevaron a esta construcción, evidenciando los detalles y mejorando el modelado en sí, restituyendo la mayoría de las características de la manera más probable posible. De esta manera, se obtiene un modelo de información que utiliza datos geométricos, es decir, la representación tridimensional de los elementos en base a unas coordenadas y a escala 1:1. También incluye, datos no geométricos relacionados con los distintos elementos del proyecto, por ejemplo, se recoge información constructiva, de materiales o patologías.

Sin embargo, el modelo de información HBIM incluye información semántica, tales como antecedentes históricos, de ubicación o interacción con el entorno, que puede abordar, por ejemplo, el problema de la evolución del modelo, del mapeo de datos, de la gestión de datos temporales y de la adaptación de datos según el uso y el usuario para mantenimiento. Las dificultades hoy en día respecto a los datos es la interoperabilidad técnico-sistémica y conceptual-informativa para la integración del modelo HBIM.

#### 5.6.2.2 *Uso en Conservación y Mantenimiento*

La consolidación de los entornos de trabajo HBIM y la gestión eficiente de la información constructiva están llegando a facetas del ciclo de vida de los edificios patrimoniales. Para la conservación, HBIM colabora en la toma de decisiones de mantenimiento, ya que, mejora la gestión de los datos, mediante un sistema de información que debe adecuarse al nivel de conocimiento y a las características del edificio histórico. Esta solución tridimensional y de datos se basa en modelos paramétricos simplificados, adecuados para elementos de la arquitectura patrimonial, que pueden ser útiles aplicados a la documentación y la gestión de información sobre prácticas de conservación. Según García-Valldecabres et. al (2022) las actuaciones están llegando a edificios históricos donde no solo se están desarrollando procedimientos para mejorar su mantenimiento, sino también en ámbitos como la documentación histórica y la gestión cultural. La generación de

repositorios con la documentación de los edificios está permitiendo establecer nuevas relaciones con la sociedad, mejorando la conservación de los edificios y diseñando actuaciones que eviten riesgos futuros.

### **5.6.3 Gestión de la Información HBIM**

El flujo de la información de un modelo HBIM surge a partir de la obtención de modelos 3D paramétricos de los elementos de construcción a partir de las nubes de puntos se considera un proceso que requiere mucho tiempo. Por lo tanto, según Murphy et al., (2009) y Volk et al., (2014), una vez modelados los objetos paramétricos utilizando la documentación histórica arquitectónica y los datos de escaneo láser, las bibliotecas de los elementos modelados debe generarse. Estas nuevas bibliotecas H-BIM, que funcionan como un complemento para BIM dentro del marco general de “Smart heritage”, permiten que los procesos de diseño, rehabilitación, reconstrucción, gestión y mantenimiento del patrimonio arquitectónico se vuelvan más simples, más claros y más rápido durante el resto de su ciclo de vida (López, et al., 2018).

Actualmente, el registro de información se hace a través de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM), la cual tiene como misión promover el conocimiento, la creación, la recreación y la apropiación permanente del patrimonio cultural y la memoria colectiva del país, para contribuir a la construcción de identidades y al desarrollo de las personas y de la comunidad nacional y de su inserción internacional.

Si bien, el uso de la metodología BIM está enfocado al flujo de la información en edificios nuevos, la implementación del HBIM ha expuesto una nueva oportunidad de gestionar la información, la cual a partir de un modelo se hace mas comprensible, documentable, compartible y es capaz de ser reconstruida. Por lo anterior, existe una creciente necesidad de recuperar y representar digitalmente los edificios patrimoniales, ya que se ha comprobado que es una forma eficiente de gestionar la información y los cambios dentro de los elementos de un sistema, lo cual apunta a una optimización del mantenimiento preventivo del edificio (Fregonese, et al., 2015).

## 6. METODOLOGÍA

Este trabajo utiliza un método de estudio de caso, basado en Johansson (2013), ya que entiende el fenómeno en base a unidades de funcionamiento complejo donde intervienen múltiples variables dentro de la operación y mantenimiento de las iglesias. El caso es estudiado en su contexto natural y a través de distintos métodos durante la extensión de esta investigación, por lo que además es contemporáneo.

### **Criterios de selección de casos.**

1. Iglesias bajo reconocimiento vigente de la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad
2. Las iglesias que se encuentren ubicadas dentro de las islas del archipiélago de Chiloé.
3. Estado de conservación sujeto a seguimiento y registro de información por parte del propietario original.

La metodología de este proyecto se organiza mediante el esquema que se observa en la imagen 6:

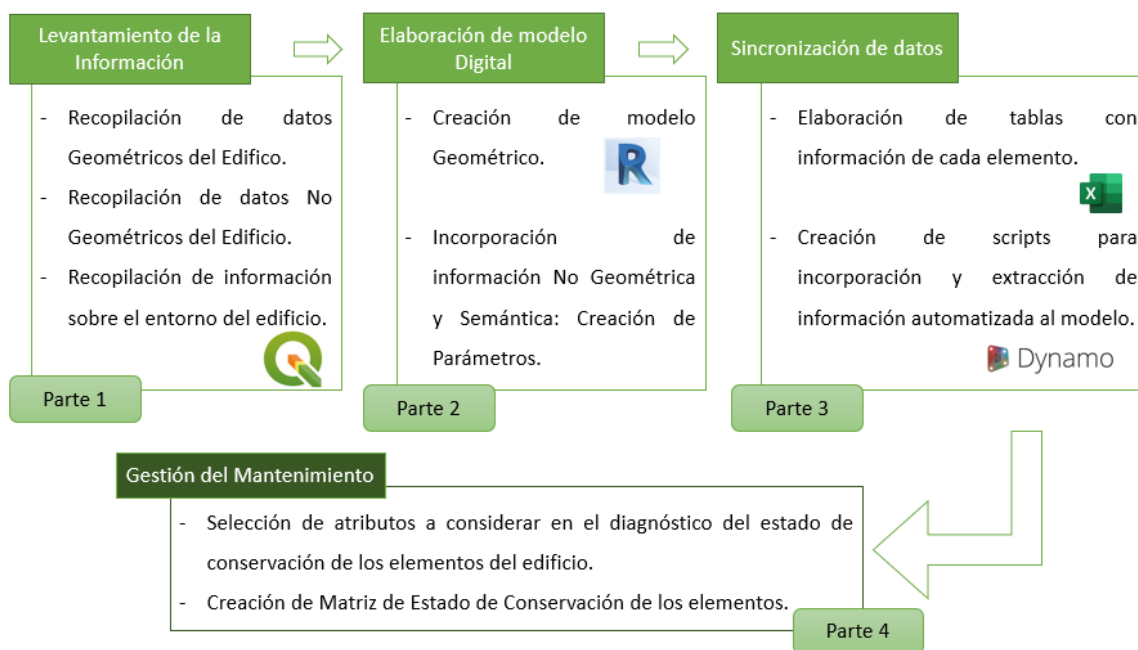


Imagen 6: Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se reconocen 4 etapas, para el logro del objetivo general, estas etapas se resolvieron estudiando un caso en el que se pudieron haber analizado múltiples variables, pero se seleccionaron las más relevantes de acuerdo con el estudio de la literatura. Las etapas desarrolladas fueron:

### **Etapa 1:** Levantamiento de la Información

Para esta etapa, se hizo un levantamiento de las capillas, incorporando información geométrica, no geométrica y semántica:

- **Información geométrica:** Se recopiló información como planos 2D de la estructura de techumbre y del revestimiento exterior, especificaciones técnicas, memorias de rehabilitación y conservación, imágenes. Fue importante comprobar que las fuentes de información fuesen confiables, para aportar la información precisa al modelo. No se consideraron, para efectos de modelado, la pérdida de dimensión de los elementos estructurales, los elementos doblados, etc. sino que se hizo una aproximación al modelo, pero de forma simétrica, sin las asimetrías propias del desgaste del tiempo de edificios patrimoniales
- **Información no geométrica:** Para esto se debió reconocer el estado de los materiales que componen los elementos, el tipo de madera, porcentaje de humedad, uso estructural, posición estructural, intervenciones realizadas, patologías, etc., utilizando antecedentes técnicos complementado con visita a las capillas, para que, a partir de la inspección visual, se pueda obtener una mayor certeza del tipo y estado de los materiales. Una vez recopilada la información, se debió añadir al modelo parámetros a cada elemento que tenga información relacionada a la materialidad, como, por ejemplo, crear parámetro relacionado con la humedad del material, o el estado en el que se encuentra el elemento, patologías, etc.
- **Información semántica:** Esta información hace referencia a la historia, contextos en los que se construyó y se realizaron modificaciones, aspectos sociales, culturales, económicos del entorno en el que se encuentran las iglesias; para obtener dicha información, es necesario acudir a registros

históricos de Chiloé y a cualquier tipo de entidad que pueda facilitar los antecedentes requeridos para obtener la información lo más completa posible. Posterior a la recopilación de la información, hay que clasificarla de acuerdo con su fuente, para tener certeza de que la información es verdadera. En esta etapa se utilizó la interfaz QGIS, que entregará una visión más global del entorno que rodea el patrimonio, combinado con relatos de personas que viven en el entorno y reportes escritos sobre la realidad en torno a las iglesias de Chiloé.

Una vez obtenida toda la información, se realizó un inventario de características físicas, funcionales; además de un historial de inspecciones y reparaciones que ayude a predecir los daños de la estructura.

### **Etapa 2:** Elaboración del Modelo Digital

En esta etapa se traspasó toda la información recopilada en la etapa anterior: se inicia con la creación del modelo geométrico en Revit, el cual surge de planimetría principalmente, complementándose con antecedentes técnicos e imágenes extraídas del levantamiento realizado.

Una vez terminado el modelo geométrico, se iniciará la incorporación de datos no geométricos y semánticos al modelo. Esto se elaborará a través de la creación de los parámetros necesarios para lograr una adecuada gestión de la información para el mantenimiento del edificio. Estos parámetros deben ser adaptables al caso a estudiar y a la información que se tenga disponible.

### **Etapa 3:** Sincronización de datos

En esta etapa, se pasará la información semántica y extraída de las inspecciones tradicionales, al modelo HBIM, para lo cual se elaborarán tablas en formato Excel, las que tendrán los parámetros elaborados en la etapa anterior, relacionados con un ID de cada elemento, en donde se agregarán datos como materiales y su estado de conservación.

Estos datos, serán ingresados al modelo a través de la interfaz Dynamo, esta interfaz relaciona diferentes variables y las conecta al modelo BIM, lo que permite

que, cuando se visualice los elementos del modelo, se pueda tener la información que se cargó a partir de las múltiples tablas que se desarrollen, junto con la información geométrica y no geométrica ya cargada en el modelo; generando así un modelo consistente en información para la toma de decisiones certeras, ya que relaciona patologías y daños a elementos del modelo. La información que ingresar con Dynamo, puede incluir fichas, imágenes, videos, etc.

En cada información que se vaya agregando al elemento, se debe tener en cuenta que el objetivo no es la evaluación del daño, sino que generar un constante intercambio de información para poder tomar decisiones frente al mantenimiento del edificio.

#### **Etapa 4: Gestión del Mantenimiento**

En esta etapa lo que se busca es crear una matriz de criticidad, la cual fue construida a partir de diversos referentes teóricos, con el fin de poder detectar los elementos que se encuentren en un estado de conservación deficiente, para poder actuar y hacer un mantenimiento preventivo.

La criticidad se define como “Medición relativa de las consecuencias de un modo de fallo y su frecuencia de ocurrencia” o “Característica de un sistema, que representa el impacto de la falla en cuanto a seguridad, ambiente o producción del proceso al cual pertenece; evalúa la flexibilidad operacional, costos de reparación-mantenimiento y confiabilidad. Esta característica puede ubicarse en bandas alta, media y baja.” (Del Castillo, 2002). En otras palabras, al hacer una matriz de criticidad, lo que se busca es evaluar diferentes características del elemento y así poder categorizar su intervención.

Para esto se utilizarán parámetros extraídos del modelo, los que tenga directa relación con el estado de conservación del elemento en la actualidad y del edificio en general. Cada elemento será evaluado en esta matriz, de acuerdo con la posibilidad y el impacto que genera en la categoría a evaluar.

## **7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

### ***7.1 Etapa 1: Levantamiento de la información***

Para llevar a cabo la metodología propuesta, en primer lugar, se recopiló información del caso a estudiar. Esta información debe vincular aspectos como la historia, características y el comportamiento del entorno que las rodea, información estructural y arquitectónica de la iglesia, de su materialidad y la evolución a lo largo del tiempo.

La información correspondiente a la historia de Chiloé, el origen de la construcción de sus características iglesias y el ámbito sociocultural que las rodea, fue extraído a partir de diferentes investigaciones realizadas con anterioridad, junto con entrevistas y estudios.

La información sobre la iglesia de Detif propiamente tal, fue recopilada principalmente de antecedentes técnicos de la ficha de restauraciones, junto con información que tiene la UNESCO en sus archivos y algunas investigaciones y entrevistas que se le han hecho a los locatarios de la Isla de Lemuy.

Finalmente, la información geométrica del edificio fue extraído de la planimetría hecha en el proyecto de restauración de esta iglesia. En ese informe se encuentran imágenes, identificación de patologías y estado de conservación del inmueble, por lo que también combina información no geométrica necesaria para el levantamiento de un modelo con información en todos los ámbitos.

A continuación, se detalla la información recopilada:

#### **Identificación del edificio adoptado como caso de estudio:**

La iglesia del Apóstol Detif se encuentra ubicada en la Bahía norte, extremo sur de la Isla de Lemuy, la que tiene una superficie total de 76,93 hectáreas, en la imagen 7 y 8 se observa el emplazamiento de la iglesia. Se encuentra activa desde 1734, en dónde se encuentran 20 viviendas cercanas. La iglesia pertenece al centro de la comunidad.



*Imagen 7: Iglesia Apostol de Detif. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif.*



*Imagen 8: Ubicación iglesia Apostol de Detif. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif.*

La información que existe sobre dicha iglesia se genera principalmente a partir de relatos de personas, y en esta investigación se centra en la información ontológica de la parte estructural y arquitectónica.

El año 2000 fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Su método constructivo es particular ya que es elaborada por madera natural por carpinteros de la zona, pertenecientes a la Escuela Chilota de Arquitectura Religiosa. A pesar de ser una iglesia sencilla, la cual está construida con una clase



definida de arquetipo de las iglesias de Chiloé, consistentes en una explanada, volumen horizontal, torre fachada bóveda y sistema constructivo; representa la realidad propia de la comunidad. Cumple con los criterios de Excepcionalidad y singularidad establecidos por la UNESCO; además, el entorno de la iglesia está protegido como zona típica o pintoresca de acuerdo con el decreto N°316, del 27 de agosto del 2015.

*Historia:*

La llegada de los primeros sacerdotes pertenecientes a Franciscanos y Mercedarios a Castro, Chiloé, fue en el año 1578. Su función era atender al pueblo español y criollo de la zona.

En 1608 llegan a Chiloé los Jesuitas, los cuales fundaron su misión en 1617, hicieron levantamiento geográfico y étnico para llegar a todas las personas de la isla. Utilizaron un sistema de evangelización denominado “Misión circular”, que consistía en que una vez al año, un grupo de misioneros recorrían el archipiélago en canoas, bogadas por chonos, predicando la palabra de Dios, realizando ceremonias como comuniones, bautismos y defunciones. El punto de partida era el colegio de Castro, y recorrían 100 localidades entre Chile continental, Isla Grande y pequeñas islas. Los lugares que visitar eran numerados y visitados en orden. Eran escogidos de acuerdo al número de personas que habitaban en ellas, el área de influencia, la distancia con el punto antecesor y las características geográficas. La iglesia de Detif ocupaba el puesto n°15 en la lista.

La iglesia de Detif se encuentra ubicada cercana a la playa, se avista desde la distancia al igual que todas las iglesias de Chiloé, ya que debían ser un punto de referencia en la navegación. Cuenta con un espacio vacío en su parte delantera, en dónde se realizan fiestas religiosas. El suelo y el subsuelo del terreno de la iglesia ha sido depósito de enterratorio.

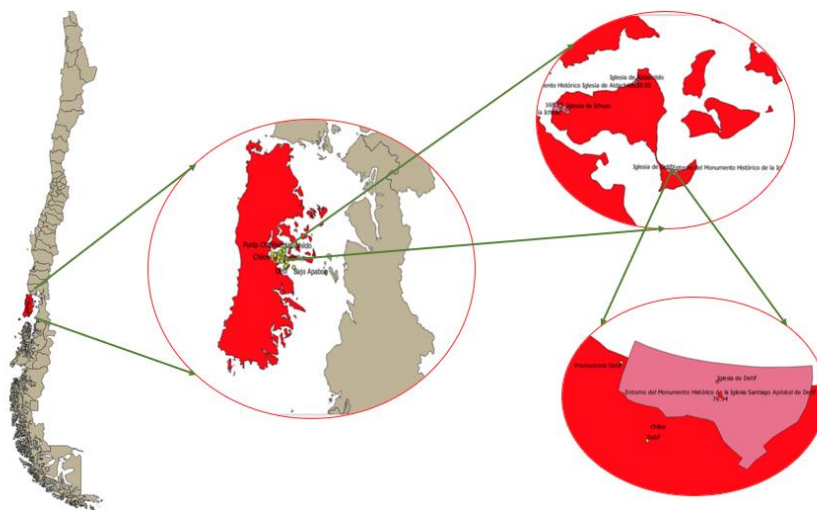
En el año 1720 la localidad de Detif era administrada por Jesuitas. Éstos fueron expulsados en 1767, por lo que el mismo recorrido de la misión circular lo siguieron haciendo los Franciscanos. En 1757 Detif contaba con 38 familias: Un total de 181 personas entre indios y españoles. En la misión de ese año hubo 134

comuniones, 9 bautismos y 6 defunciones. A mediados del S. XVIII, Detif fue la segunda comunidad con mayor población, después de Ichuac.

El templo actual se construyó durante el S.XIX, pero de la iglesia anterior a la existente, no se tiene información. Se estima que corresponde a la segunda o tercera generación de iglesias.

*Relación con el entorno:*

Para tener una mayor información sobre el entorno que rodea la iglesia, es que se utilizó el programa QGIS con planos vectoriales sobre las regiones y provincias de Chile y sobre zonas protegidas y Monumentos Nacionales. Las capas vectoriales insertadas fueron extraídas de las páginas web de la Biblioteca Nacional de Chile y el Geoportal del Conserjo de Monumentos Nacionales. Estas capas fueron ordenadas y se usaron filtros para que solo se entregara información de ubicación exclusivamente del entorno de la Iglesia de Detif, como se observa en la imagen 9.

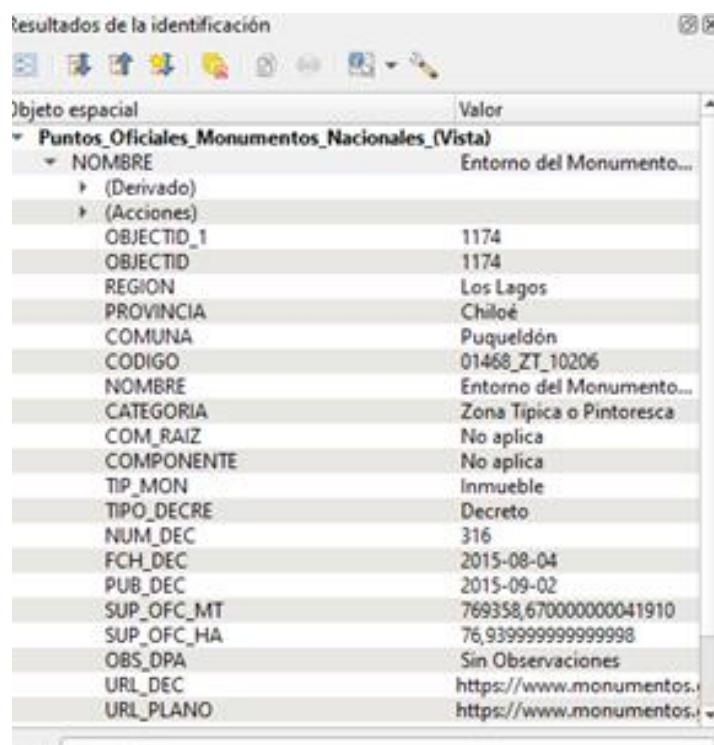


*Imagen 9: Ubicación de Iglesia Detif en QGIS. Fuente: Elaboración Propia.*

La información extraída del modelo de georreferencia es útil para saber el lugar en el que se encuentra la iglesia, las iglesias próximas, además de identificar el recorrido que hacía la misión circular para poder llegar a la iglesia de Detif, así entender aún más el contexto en el que se construyó la iglesia, y colabora con el levantamiento ontológico del edificio. En el caso de la Iglesia de Detif, se encuentra en una isla, y la información que entrega el modelo es que la zona protegida como

monumento tiene una superficie de 76,94 hectáreas, y la iglesia más próxima es la iglesia de Ichuac, ubicada en la misma isla.

La tabla que se tiene respecto a la zona típica que contiene a la iglesia de Detif en la Isla de Lemuy es la que se muestra a continuación (imagen 10), en donde se aprecian datos como la región, provincia, comuna, el código del monumento dentro de los registros oficiales, el nombre, la categoría, el decreto bajo el cual se rige como monumento, y sitios web a los que dirigirse para más información.



Objeto espacial	Valor
Puntos Oficiales Monumentos Nacionales (Vista)	
NOMBRE	Entorno del Monumento...
(Derivado)	
(Acciones)	
OBJECTID_1	1174
OBJECTID	1174
REGION	Los Lagos
PROVINCIA	Chiloé
COMUNA	Puqueldón
CODIGO	01468_ZT_10206
NOMBRE	Entorno del Monumento...
CATEGORIA	Zona Típica o Pintoresca
COM_RAIZ	No aplica
COMPONENTE	No aplica
TIP_MON	Inmueble
TIPO_DECRE	Decreto
NUM_DEC	316
FCH_DEC	2015-08-04
PUB_DEC	2015-09-02
SUP_OFC_MT	769358,670000000041910
SUP_OFC_HA	76,939999999999998
OBS_DPA	Sin Observaciones
URL_DEC	<a href="https://www.monumentos.cl">https://www.monumentos.cl</a>
URL_PLANO	<a href="https://www.monumentos.cl">https://www.monumentos.cl</a>

Imagen 10: Información entregada por QGIS. Fuente: Elaboración Propia.

#### Valor social y cultural:

Actualmente, la iglesia cuenta con imagería en la que los locatarios asisten por devoción, la que se observa en la imagen 11, y se abre al público en ritos religiosos, los cuales son:

- Virgen de Lourdes el 25 de marzo
- Virgen de la Candelaria el 2 de febrero.
- Teresa de los Andes el 13 de julio.
- Jesús de Nazareno en marzo y octubre.

- Misas de cabildo los 24 y 25 de marzo.



Imagen 11: Imagenería iglesia Detif. Fuente: Proyecto de Intervención patrimonial Iglesia de Detif.

Estas celebraciones empiezan como procesiones, que antiguamente se realizaban en la explanada de la iglesia hasta la iglesia, pero actualmente se realizan desde la playa hasta el templo.

El 2003 fue denominada patrimonio cultural inmueble de la UNESCO, por su “usos, representaciones, expresiones, conocimientos y técnicas que las comunidades, los grupos e individuos conocen como parte integrante del patrimonio cultural”, esto tiene valor en estas iglesias ya que los ritos, celebraciones, artesanías, historia e identidad, se van transmitiendo de generación en generación.

Actualmente existe una modernización de las tradiciones, lo cual amenaza la existencia futura del patrimonio.

Dentro de las tradiciones que cuenta esta iglesia, se encuentra:

**Fiscales:** Personas adultas escogidas por el párroco, que en la ausencia de él, debe reunir a la comunidad para orar, bautizar, etc. o cuidar la capilla. Este rol se cumple hasta la vejez, y surge en el siglo XVIII en la evangelización jesuita.

- **Actualidad:** sigue siendo una autoridad y guía espiritual.

**Patronas:** Cuidan las imágenes de la iglesia.

- **Actualidad:** Existe una patrona por cada imagen

**Cabildos:** Estructura organización que fue instaurada en la misión circular, en donde los integrantes deben velar por el desarrollo de las festividades.

- **Actualidad:** Hay distintas figuras comunitarias: Cabildo, sociedad, cofradía, fiscal, la familia promesera, comité de capilla y cura. Estos cambios se deben a la reducción de la cantidad de integrantes por comunidad y los tiempos que dedican para participar.

Regularmente también, en la actualidad, se realizan misas mensuales, funerales y bianualmente confirmaciones, dirigidas por el obispo de Ancud.

*Arquitectura de la Iglesia:*

La iglesia es el resultado de un arquetipo definido, el cual es un proceso, etapas en su desarrollo que se mantienen constantes y su transformación cultural en el tiempo. Es una de las iglesias más pequeñas y sencillas, y es reconocida por sus cualidades propias de un territorio de pequeñas comunidades. El espacio y el volumen es una adaptación del modelo europeo, adoptando las características climáticas y utilizando materiales de la zona, por lo que se produce un sincretismo entre la cultura europea y chilota.

Las adaptaciones realizadas consisten, por ejemplo, en eliminar las salientes que generan filtraciones e incorporar pórtico semi-cerrado para la lluvia.

El templo está conformado por:

- Una planta rectangular con 3 naves mediante 2 columnatas.
- Cubierta a dos aguas.
- Torre con dos cuerpos.

Dos cuerpos:

- Horizontal: Dónde se desarrollan actividades religiosas.

Está conformado por una planta basilical, nave central de doble altura; 2 naves laterales conformadas por 2 columnatas arqueadas sencillas, a la derecha un altar mayor, la sacristía y a la izquierda la contra sacristía, que actualmente se utiliza como bodega. Sobre el pórtico se encuentra el coro, en segundo piso, abalconado hacia la nave central.

- Vertical: Dónde se encuentran las campanas, por lo cual cumple un rol acústico.

Está conformado por un pórtico, dado basal, primera caña y chapitel, el volumen es proporcional al pórtico, quedando en el mismo plano de fachada, la torre que en la fachada llega al suelo por una columnata.

#### *Sistema Constructivo:*

El sistema utilizado en este tipo de iglesias es en base a ensambles y empalmes, que permite que el cuerpo constructivo sea montable y desmontable. Las escuadrías grandes general en las piezas los tallados de los ensambles y empalmes, sin quitar así su capacidad mecánica. Los empalmes se unen en sentido longitudinal, para dar una continuidad estructural; y los ensambles se unen de forma perpendicular, en dónde se encuentran los nudos donde recaen los refuerzos de la estructura.

Se utilizan diferentes tipos de madera:

- Maderas duras: Se encuentran en elementos estructurales importantes, como pilares y vigas.
- Maderas nobles: Dada su alta resistencia a la humedad y a ataques a insectos, se utiliza en revestimientos exteriores y en vigas maestras.
- Maderas blandas: Utilizada en ornamentos.

No todo su sistema está construido de madera, ya que las fundaciones son piedras ubicadas sobre terreno. Actualmente existen áreas de las fundaciones que están restauradas con hormigón armado bajo las piedras de la torre de la iglesia.

#### *Intervenciones previas:*

Al ser iglesias de madera, en estas iglesias se observan riesgos por la acción del agua, proliferación de hongos de pudrición y ataques de hongos xilófagos,

principalmente, lo que produce una debilitación estructural, desintegración de las piezas, disminución de propiedades mecánicas y una exposición a sismos y vientos debido a su ubicación. Estos daños han sido gestionados por la comunidad, por lo que no hay registros, solo historias de personas.

Otro aspecto para considerar es que la iglesia se encuentra ubicada en las faldas de un cerro y cercano a la playa, por lo que la fachada sur y norte se deterioran con frecuencia puesto que decanta mucha agua desde el cerro y la brisa del mar igual conduce agua.

A continuación, se muestra, en la tabla 1, un resumen con el registro de intervenciones:

Tabla 1: Registro de intervenciones iglesia Detif. Fuente: Adaptado de Proyecto de Intervención Patrimonial iglesia Detif

Título	Año	Descripción
Disminución de una caña en la torre	Sin registro	Antiguamente existía otra caña, que, por el alto deterioro, se eliminó, dejando solo 2 actualmente existentes.
Cambio de revestimiento	Sin registro	Se cambia el tinglado de ciprés a tejuela de canelo en fachada lateral derecha, culata y hastial.
Restauración de imágenes	1996	Se restaura y aplica pintura protectora a imaginería chilota de madera
Reparación de cubierta	1995-1997	Se repara la cubierta y se reemplaza las tejuelas. De esta intervención no hay fichas oficiales de trabajos realizados. También se realizan cambios de ventanas en fachada lateral izquierda, mejoramiento y reemplazos de terminaciones de alero, pintura en pórtico, muros y cielo interior, mejoramiento en el revestimiento de la torre, mejoramiento de estructura de

		cubierta y cambio de tejas de alerce en cubierta, que fue la parte más importante de esta intervención.
<b>Reparación de revestimiento, aplicación de pinturas e instalación de protección de puertas.</b>	2000-2001	<p>Se cambian revestimientos de tejas en muros exteriores a tinglado de ciprés de las Guaitecas, lo mismo en el hastial y culata. Se agregan estructuras metálicas y vidrio sobre puerta de acceso lateral para proteger de la lluvia y el viento.</p> <p>En la fachada sur se mantiene revestimiento original, se cambiaron 3 hiladas de tingle por su deterioro al estar en contacto con el suelo.</p> <p>Se aplica pintura esmalte al agua color blanco en los cielos, muro interior y revestimiento de pilares.</p> <p>En el suelo se reparan vigas de piso en sacristía y acceso lateral a la nave.</p>
<b>Obra de emergencia</b>	2015	La torre de fachada se encontraba débil y dañada, por lo que se instaló unas alzaprimas desde pórtico a chapitel, que permite arriostrar la estructura y mejorar la distribución de cargas.

Locatarios de la zona, aseguran que desde que la iglesia es parte del patrimonio histórico de la humanidad, cuenta con una mayor cantidad de recursos para realizar la restauración y conservación, el Estado aporta recursos a inmuebles patrimoniales, estando en la génesis el programa nacional “Puesta en Valor del Patrimonio”. Al mismo tiempo, se ha avanzado en la protección no solo de inmuebles, sino que, del entorno, manteniendo el foco en la cultura (Valdés, 2020).



Por lo que desde el 2000, la iglesia ha recibido financiamiento para poder hacer restauraciones y conservación:

Por parte de la UNESCO, recibe financiamiento a través del programa “Fondo de Emergencia para el Patrimonio”, el cual es un mecanismo de financiación de donantes múltiples y fondos no asignados a fines específicos, pero tiene como propósito responder de forma rápida y eficaz ante eventuales daños del patrimonio.

Además, en Chile existe el programa “Puesta de Valor del Patrimonio”, el cual tiene como objetivo entregar recursos para la conservación o restauración de monumentos nacionales en Chile, aportando así al desarrollo cultural y social de las regiones del país.

#### Estado de Conservación:

De acuerdo con la inspección realizada el segundo semestre del año 2020, y a las imágenes que se observan en dicho informe, se establece lo indicado en la tabla 2:

*Tabla 2: Estado de conservación de sistemas constructivos, Iglesia Detif. Fuente: Adaptación Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif.*

Lugar	Descripción
<b>Fundaciones</b>	Sector oeste: Solera inferior de tabique con poca ventilación Las vigas secundarias en la culata se encuentran con una buena ventilación. En la parte de las naves se encuentra el envigado de piso de ciprés de las Guaitecas, libres de insectos y hongos, igual que las vigas maestras.  La zona del pórtico no tiene sistema de fundación tradicional, sino que tiene hormigón por una intervención realizada antes del 2000.
<b>Torre</b>	Se encuentra débil, los pilares y diagonales se encuentran afectadas por los hongos, lo que afecta su resistencia estructural. En la intervención del 2015 se agrega una estructura de refuerzo, se quita la campana reubicándolas en el coro. La torre no tiene encamisado, por lo que está deforme.

<b>Nave central y laterales</b>	Las vigas cuentan con poca escuadría. Las naves laterales se conforman por vigas y cintas con distanciamiento superior al encontrado en el sitio patrimonial, las cuales se encuentran afectadas por insectos y hongos causados por agua que procede de la cubierta. La viga de amarre de las columnatas se encuentra en buen estado de conservación.
<b>Columnatas</b>	Los pilares de las columnatas están en buen estado de conservación, posee ataque de insectos y torsión, pero no es alto el nivel de deterioro, no se ve desplome ni deformación. Las vigas de amarre están en mal estado, presentan cortes por hongos de pudrición, algunas se están desintegrando. El revestimiento presenta insectos xilófagos que es difícil de ver por la pintura, también existen piezas mal instaladas.
<b>Techumbre</b>	Existe sistema par y nudillo, que no tiene cumbrera ya que fue reemplazada recientemente. Desde la cubierta hay filtraciones de agua y presencia de murciélagos. Los tijerales se encuentran con presencia de hongos en partes específicas, que se consideran aceptables. Los rollizos que se instalaron en reemplazo de tijerales se encuentran en mal estado, altamente dañados.
<b>Revestimiento Torre</b>	Existe daño por foto degradación en la tingle de la torre y en tejuelas, lo cual produce pérdida de espesor y resistencia. También existe desprendimiento de la estructura.
<b>Revestimiento culatas</b>	El tabique fue reemplazado, posee papel fieltro encamisado. Sobre él existe tingle de madera en buen estado de conservación. <ul style="list-style-type: none"><li>• Presenta el mejor estado de conservación de la estructura, pero en la instalación del tinglado no se consideró el traslapo debido entre las piezas, por lo que se han separado las tablas.</li></ul>

<b>Revestimiento de tabiques laterales</b>	<p>La tingle de los paramentos laterales es de ciprés, y se encuentra afectado por liquen cromógeno. La tingle se encuentra afectado por el ataque de insectos xilófagos no activos, existe un poco traslape lo que provoca aberturas en el revestimiento y también se observan hongos de pudrición, desprendiendo el revestimiento.</p> <p><b>El mayor nivel de deterioro se encuentra en la fachada sur, dada su condición geográfica,</b> se encuentran hongos de pudrición.</p> <p>En la fachada norte se observa un mejor estado de conservación a pesar de estar a mayor exposición a vientos y lluvias. Esta fachada fue reemplaza el 2001, por lo que se entiende que tenga un mejor estado.</p> <p>Las ventanas del muro lateral derecho también presentan un buen estado de conservación, se piensa que también fueron restauradas en la intervención anterior. Las ventanas del muro lateral izquierdo han perdido su condición estanca, lo que pone en riesgo el revestimiento interior.</p>
<b>Revestimiento interior</b>	<p>En general se observa un buen estado de conservación. En el revestimiento de tabique y pilares existe una leve acción de insectos xilófagos. La pintura se encuentra en buen estado de conservación, dado que se aplicó en la intervención del 2001, pero en algunos sectores existe desprendimiento lo que permite ver el color original. En los cielos no se observa deterioro, al igual que en el piso. En la bóveda existe un daño mecánico a causa de perforaciones y pérdida de nudos en la madera, además de observarse tablas sueltas y deformaciones.</p>
<b>Escalera</b>	<p>En la parte del coro existe un poco resistencia en los peldaños y pasamano, además de una alta presencia de insectos xilófagos.</p>

	En la torre se observa lo mismo, además de una falla en el diseño.
<b>Ornamentos y molduras</b>	La iglesia no cuenta con friso ni ornamentos complejos. Las molduras del cielo interior se encuentran en buen estado, a pesar de que en algunos tramos haya ausencia de molduras por desprendimiento. Los balaustres del coro y la escalera se encuentran en buen estado de conservación.
<b>Bienes muebles e imagerie</b>	Altar mayor y menor presenta acción de insectos xilófagos, lo que provoca un desplome en la estructura. Las bancas son nuevas. Los reclinatorios presentan una baja presencia de insectos xilófagos y deterioros mecánicos. La imagerie se encuentra en buen estado de conservación. En la intervención de 1996 se aplican productos de protección contra insectos xilófagos.
<b>Protección contra incendios</b>	El revestimiento interior y exterior está compuesto por piezas de poco espesor. La iglesia tiene sus 4 costados totalmente despejados, por lo que no está expuesta a grandes amenazas. El mayor riesgo es en su uso interior con las velas, junto con el vestuario de la imagerie que es una alta carga combustible. El sistema eléctrico no cumple con la normativa vigente, no cuenta con mantenciones y posee varios años, el cable a tierra no cuenta con protección. Ningún acceso cumple con la normativa, por lo que las puertas no son una adecuada vía de escape.

Estos informes sobre el estado de conservación, desde donde se extrajo la información anteriormente expuesta, fue una iniciativa de la Fundación de las Iglesias Patrimoniales de Chiloé. Financiada por el Fondo del Patrimonio Cultural 2019, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural.

### **7.2 Etapa 2: Elaboración del Modelo Digital**

A partir de esta etapa, se considerará información relacionada exclusivamente con la techumbre de la iglesia de Detif, con el fin de demostrar la gestión de la información de una forma más acotada. Se selecciona la estructura de techumbre

debido a que es la más expuesta a los agentes bióticos como abióticos; además de que se tiene registro de intervención del año 1997, por lo que se puede hacer una demostración de la incorporación de información semántica al modelo, junto con ello, se encuentra a lo largo de todo el edificio, por lo que sus elementos constructivos están expuestos a diferentes características, lo que hace que sea completo e interesante de analizar.

a) Modelo Geométrico

Lo primero que se realizó fue levantar la información geométrica del edificio, para lo cual se utilizó planos existentes del último levantamiento realizado en la iglesia, esto combinado con los antecedentes técnicos, memorias y fotografías.

El modelo se realizó en la interfaz Revit 2021, en donde se establecieron niveles, como se observa en la imagen 9, de acuerdo con los planos de planta que se utilizaron:

- Planta vigas laterales
- Planta tijerales
- Envigado piso dado
- Solera superior piso dado
- Solera superior caña
- Tijerales chapitel

En cada uno de estos niveles se insertaron los planos de planta para trazar el modelo. Los elementos a utilizar en Revit fueron: vigas y pilares estructurales, cubierta y muros arquitectónicos; y para los arcos de la nave principal, se utilizó una extrusión, que es un proceso utilizado para crear elementos de sección transversal definida y fija, a la cual se le dio propiedades de armazón estructural, que es la misma propiedad que utiliza la viga estructural.

Como en esta etapa sólo se está llevando a cabo la parte geométrica del caso de estudio, no se seleccionó la materialidad de los elementos y tampoco características adicionales propias sobre su funcionamiento dentro del edificio. Lo único que se consideró fueron sus dimensiones (imagen 12).

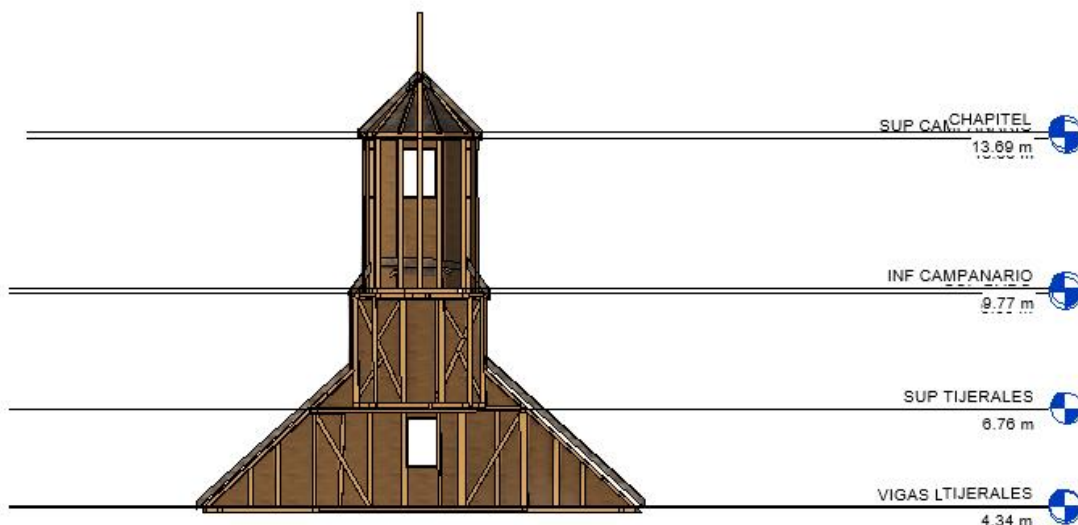


Imagen 12: Niveles a considerar en modelo Revit. Fuente: Elaboración Propia.

Lo primero en modelar fue la estructura de vigas maestras, secundarias, pilares y diagonales presentes en el proyecto (imagen 13). La planimetría del proyecto en algunas ocasiones no entregaba información clara, por lo que las imágenes recopiladas sobre el estado de conservación de la iglesia sirvieron de apoyo en esta etapa.

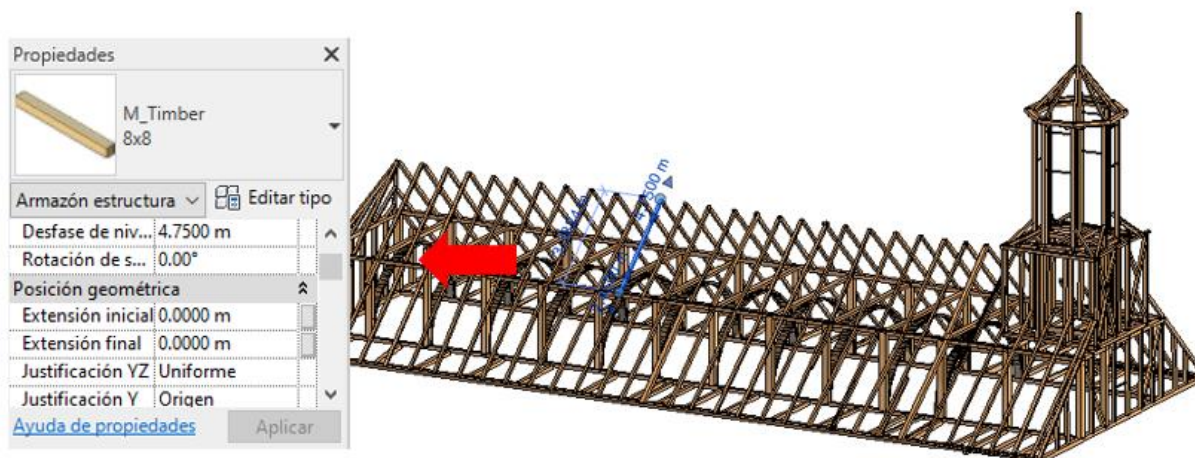
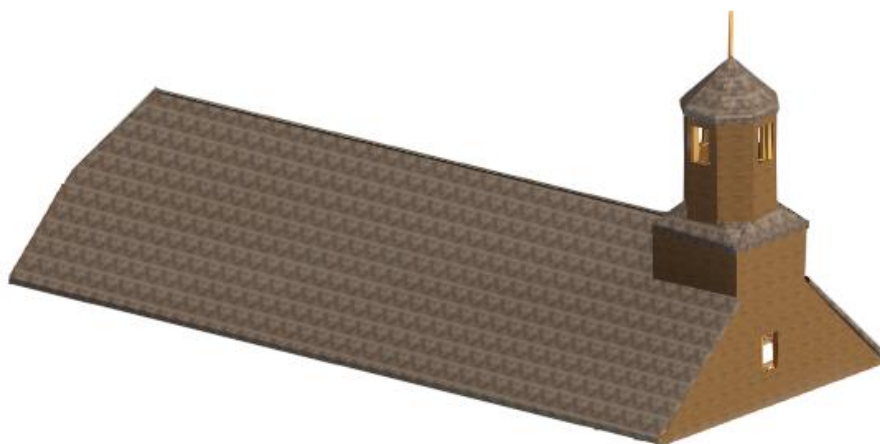


Imagen 13: Información geométrica modelo Revit. Fuente: Elaboración Propia.

Por último, se modeló el revestimiento del edificio (imagen 14), en donde no se consideró materialidad ni propiedades de los elementos, solo dimensiones y ubicación aproximada a la real, ya que la techumbre y los muros, debido al tiempo que lleva construido y la exposición a agentes bióticos y abióticos, se ha ido deformando, es por eso que para efectos de este estudio, el modelo no es una representación real de lo que se observa, sino que una modelación para poder gestionar el mantenimiento, el cual tiene datos reales extraídos de informes de intervenciones.



*Imagen 14: Modelo de revestimiento iglesia Detif. Fuente: Elaboración propia.*

b) Modelo No Geométrico y Semántico.

Como en la primera parte de esta investigación, se hizo un levantamiento de la información existente en torno a la iglesia, lo que se hizo en esta parte fue identificar cuál es la información más importante o necesaria para considerar dentro de un modelo que gestiona la información.

En investigaciones sobre mantenimiento, restauración y conservación, se considera que, dentro de un modelo de gestión de la información, debe considerar las patologías, problemas, materialidades junto con sus características, junto con las normativas, reparaciones realizadas, modificaciones, recursos asignados, actualización de documentos y el funcionamiento actual (Toledo, 2020). Otra

investigación, señala que los parámetros a considerar en un modelo HBIM son ligadas a las características mecánicas de los materiales, análisis históricos a través de documentación, información de reparaciones o modificaciones, real estado de conservación, evolución estructural (Prieto et al, 2022). Otras investigaciones avalan los parámetros anteriormente mencionados, señalando que la ubicación de los elementos y las técnicas de preservación también son importantes (Carpio M, et al, 2021), junto con las deformaciones del material, inclinaciones, características de la superficie y su cronología (Nieto et.al., 2022), involucrando así los usos y la historia del elemento dentro del conjunto, y su funcionalidad con el entorno.

Como resultado del levantamiento de los parámetros señalados en diversas investigaciones (tabla 3), es que se realizó una tabla resumen con los parámetros a añadir en el modelo, en donde también se consideró la información disponible del caso de estudio, y el contexto en el que se encuentra:

Tabla 3: Tabla resumen parámetros a considerar. Fuente: Elaboración Propia.

PARÁMETROS	OPCIONES	DEFINICIÓN
<b>Código</b>	Código	Es asignado de acuerdo con el tipo de elemento. En el caso de vigas, el código inicia con V y le sigue la letra del plano de referencia y un número, en pilares es P, le sigue la letra del plano de referencia base y un número, en vigas secundarias es VS con la letra del plano de referencia y un número, en tijerales con una T, luego letra de plano de referencia y un número; para los elementos de unión, se utiliza la letra U, código de elemento de unión.
<b>Patología</b>	Hongos de Pudrición	Daños graves en la madera. Se alimentan de la pared celular llegando a la destrucción completa. Produce pérdida de densidad y resistencia.



Insectos Xilófagos	Son aquellos que se alimentan de los componentes que estructuran la madera, provocando severos daños
Hongos Cromógenos	Son las manchas que en ocasiones podemos apreciar en la madera. No suelen afectar a la resistencia de la madera y no implican un grave deterioro en la salud de la madera.
Colonia de Murciélagos	Elementos que están expuestos a ataques de murciélagos.
Acción radiación solar	Elementos expuestos al sol.
Acción lluvia	Elementos expuestos a la lluvia
Acción fuego	Elementos expuestos al fuego
Acción productos químicos	En casos aislados, la presencia de ácidos o bases fuertes puede causar daño substancial a la madera. Los ácidos fuertes atacan la celulosa y la hemicelulosa, causando pérdidas de peso y de resistencia. La madera dañada por el ácido es de color oscuro y su aspecto es similar a la de la madera dañada por el fuego.
Manchas humedad	Elementos que presentan diferencias de color por efectos de la madera
Daño Mecánico	Es causado por un número de factores y, considerablemente varios en sus efectos sobre la estructura.

	Defectos de secado	Los típicos defectos generados en el secado incluyen: grietas superficiales o internas; rajaduras en los extremos causadas por el propio secado o por las tensiones de crecimiento; deformaciones varias como la encorvadura, arqueadura, torcedura y acanaladura; colapso; nudos sueltos o agrietados; deformaciones localizadas en zonas cercanas a los nudos; cambio de color y exudación de resina; y localización de zonas húmedas
	Deformaciones	Las deformaciones más frecuentes son el curvado de cara, curvado de canto, alabeo y abarquillado. Menos frecuente es el arromado que puede tener mayor influencia cuando se secan piezas de sección cuadrada, como por ejemplo piquetes de cerca
<b>Tipo de Patología</b>	Biótico	Daños producidos en órganos, plantas o el monte por agentes bióticos, tales como virus, viroides, bacterias, hongos, nematodos, ácaros, insectos, roedores u otros animales.
	Abiótico	Son aquellos que se producen sin intervención de los seres vivos, es decir son motivados por variaciones de temperatura (calor, heladas); por fuego, rayos; por nieve, viento o sequía
	Estructural	Se definen como cualquier desperfecto que comprometa o afecte los elementos que soportan el peso de un inmueble, como, por ejemplo: las columnas, vigas, el techo y los muros de carga.

<b>Posición actual (imagen 15)</b>	P1	Cercano al mar y a las viviendas colindantes
	P2	Al lado del mar
	P3	Cercano al mar y en el parte posterior cercano a una montaña.
	P4	Cercano a una pendiente de menor dimensión.
	P5	Lado de la montaña
	P6	Por una parte, la montaña y por otro lado la superficie plana, donde se encuentran viviendas
<b>Función estructural</b>	Primario	Es la de estabilizador, además se encarga de transferir el peso de todo el conjunto a los cimientos de la construcción
	Secundario	Es aquella que se coloca sobre la estructura principal con funciones de cubierta y fachada de la edificación, lo que se puede llamar la subestructura. Estas piezas soportan fuerzas de compresión y de flexión.
	Terciario	Son aquellos que se usan para evitar la pérdida de estabilidad en una estructura primaria o secundaria. (creación propia)
	Revestimiento	Los que se encuentran en el exterior del edificio
	Ventana	Elementos en donde se pondrá la ventana
	Puerta	Elementos donde se pondrá la puerta.
<b>Porcentaje de humedad</b>	Dado por estudios o informes	Se refiere al porcentaje de humedad en el que se encuentra el elemento, lo cual tiene relación directa con la patología existente.
<b>Dimensión</b>	Está dada por planos o EETT	Dimensión axial, longitudinal y ortogonal del elemento, que viene entregada por los planos del último levantamiento

<b>Tipo de madera</b>	Coigüe	Madera con una densidad entre 600 y 700 kg/m <sup>3</sup> , con una durabilidad frente a hongos e insectos, bastante buena.
	Tepa	De acuerdo con levantamiento de fotografías, antecedentes técnicos y planimetría
	Ciprés de las Guaitecas	De acuerdo con levantamiento de fotografías, antecedentes técnicos y planimetría
	Alerce	De acuerdo con levantamiento de fotografías, antecedentes técnicos y planimetría
<b>Antigüedad</b>	Año de instalación	Corresponde a la estimación de la década en la que se instaló dicho elemento
<b>Función inicial (hace referencia la función que tuvo el elemento antes de la que cumple actualmente, en el caso que haya sido cambiado)</b>	Primario	La definición es la misma que la de “Función estructural”
	Secundario	La definición es la misma que la de “Función estructural”
	Terciario	La definición es la misma que la de “Función estructural”
	Revestimiento	La definición es la misma que la de “Función estructural”
	Ventana	La definición es la misma que la de “Función estructural”
	Puerta	La definición es la misma que la de “Función estructural”
<b>Posición anterior (Posición anterior a la actual, en donde cumplió su función)</b>	P1	Cercano al mar y a las viviendas colindantes
	P2	Al lado del mar
	P3	Cercano al mar y en el parte posterior cercano a una montaña.
	P4	Cercano a una pendiente de menor dimensión.
	P5	Lado de la montaña

<b>inicial y pudo estar expuesto a otras condiciones).</b>	P6	Por una parte, la montaña y por otro lado la superficie plana, donde se encuentran viviendas
<b>Intervenciones anteriores</b>	Si/No	Si tuvo intervenciones anteriores, mantenciones, restauraciones.
<b>Tipo de intervención</b>	Preventiva	Si fue para prevenir falla
	Correctiva	Si se hizo luego de que haya aparecido la falla
	Predictivo	A partir de un estudio, se pudo predecir que se dañaría y, por lo tanto, se hizo la mantención.
<b>Causa última intervención</b>	Texto	Razón por la cual se intervino anteriormente.
<b>Año última intervención</b>	Año	Año de última intervención
<b>Comentario</b>	Texto	Comentario que se quiera añadir
<b>Tratamiento correctivo</b>	Texto	Tipo de medida que se tomó para
<b>Reparación</b>	Parcial	Si la reparación no se hizo del elemento completo, sino que de una parte
	Total	La reparación fue del elemento completo, en donde se sustituyó completamente el elemento
<b>Estado de conservación</b>	Muy Bueno	No existen daños.
	Bueno	Existen daños mínimos que no se visualizan del exterior y no afectan a la estructura del edificio
	Regular	Existen daños dentro del edificio que comprometen la estructura del edificio, pero no genera alteraciones en su ocupación

	Malo	Existen daños que afectan estructuralmente el edificio, y comprometen la identidad del edificio.
	Muy Malo	Existen daños estructurales claramente visibles. Afecta gravemente la seguridad de su ocupación y la identidad del edificio
<b>Identificación de patología</b>	Código	Código dado por proyecto a la patología diagnosticada. Contiene la letra "L" y en nº de lesión.

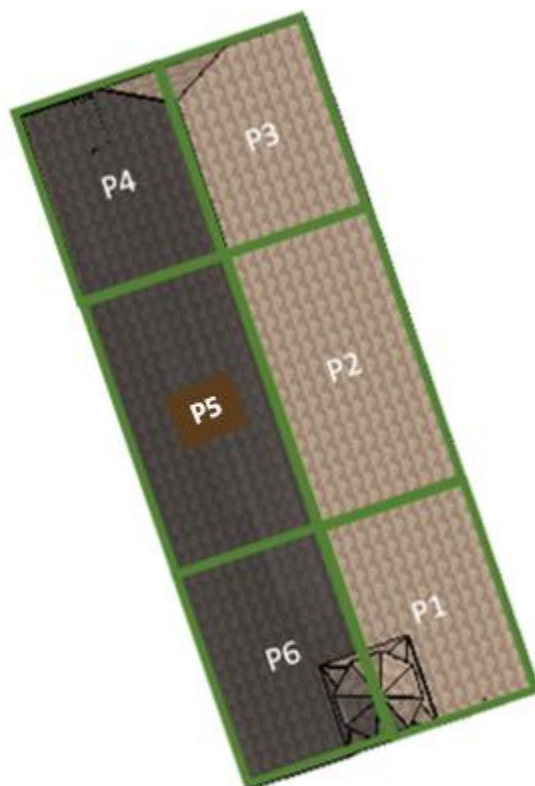


Imagen 15: Ubicación de parámetro de posición dentro del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Luego de la obtención de los parámetros a considerar, se crean dentro del modelo como “parámetro de proyecto”, y se le asignan los elementos que adquirirán dicho parámetro. El resultado de la creación de dichos parámetros se observa en la imagen 16.

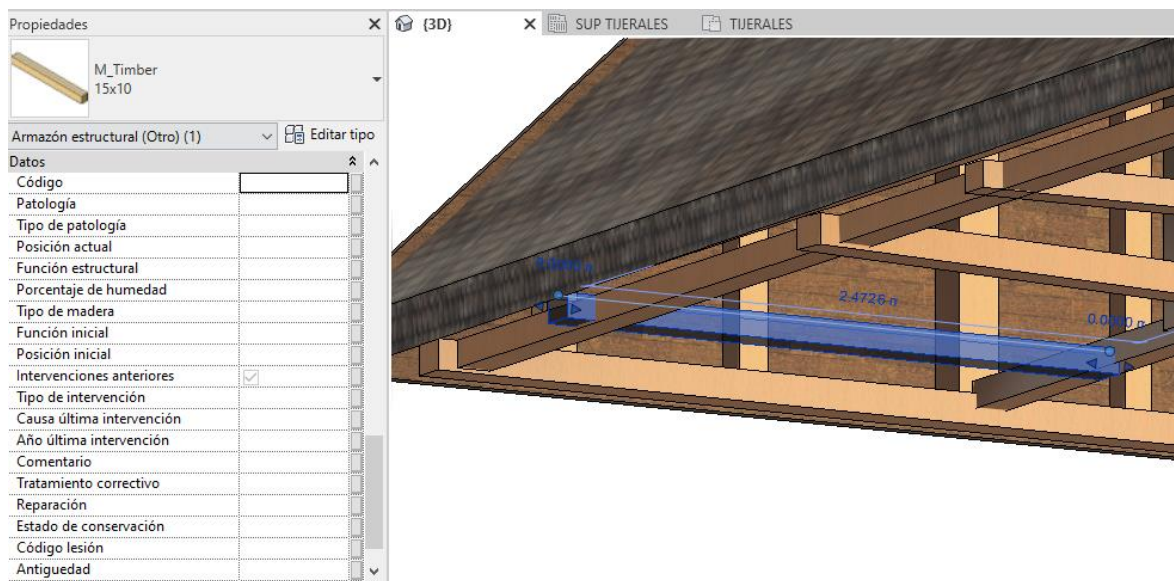


Imagen 16: Parámetros creados en Revit. Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 Etapa 3: Sincronización de datos

En la etapa anterior se crearon los parámetros, pero no existe información dentro de ellos. Para cargar información, es necesario dar un nombre a todos los elementos del modelo, el parámetro de nombre del elemento fue creado como “Código”, en el cual se le debe asignar un código que contenga letras y números, como se menciona en la tabla 3. Cabe indicar que cada elemento de Revit tiene un ID único por defecto que consiste en solo números, pero se crea otro aparte para poder relacionarlos a un elemento, nivel y posición de forma más rápida.

Para el ingreso de datos automatizado, se utilizará la interfaz Dynamo 2.6.1.8850, en el cuál lo primero que se realizará es una tabla de extracción de datos de Revit a Excel, que consta de 3 grandes etapas:

- Se abrirá una hoja de Dynamo y se guarda como “Exportación de datos”. Posteriormente, se ingresan las categorías a las que pertenecen los elementos modelados y que se quieren analizar, en este caso corresponden a las categorías de armazón estructural, pilares estructurales, cubiertas y muros, como son 4 categorías, en donde se le indica a la interfaz que se deben considerar todos los elementos de la categoría mediante el script “All Elements of Category”.

- Luego, hay que indicarle a la interfaz los parámetros de esas categorías que se quieren exportar a la tabla de Excel, para eso es necesario insertar el ID que se genera automático en Revit para cada elemento, éste ID sirve para que la interfaz entienda la procedencia de los datos y pueda asignar los parámetros correspondientes a cada uno de ellos, éste script se hace con el paquete “Element.Uniqueld”, también; además se debe considerar el script “Family Name” para que cada ID esté relacionado con la familia correspondiente y Dynamo los pueda vincular a la tabla que se va a exportar. Los otros elementos a considerar son los parámetros, los cuales se ingresan con el script “Element.GetParameterValueByName”, en donde como input se debe agregar el nombre del parámetro mediante el spride “Code Block” y las categorías a considerar en ese parámetro, como en esta investigación todos los elementos consideran los mismos parámetros, ya que son parámetros que tienen un objetivo común, que es mejora la toma de decisiones para el mantenimiento, se utiliza el script “List Create” para unificar las 4 categorías y optimizar así la rutina.
- Finalmente, se crea el script que vincula el libro Excel “ImportaciónExportación Datos TFM”. Éste vinculo se realiza mediante el script “Data.ExportExcel” (imagen 17), en donde se debe indicar la ubicación del archivo, el nombre de la hoja en donde se quiere realizar la tabla y los datos a considerar.

Éste script es importante, ya que permite la exportación automática de datos de Revit a Excel.

La rutina se observa en la imagen de a continuación y el detalle en el Anexo 2.



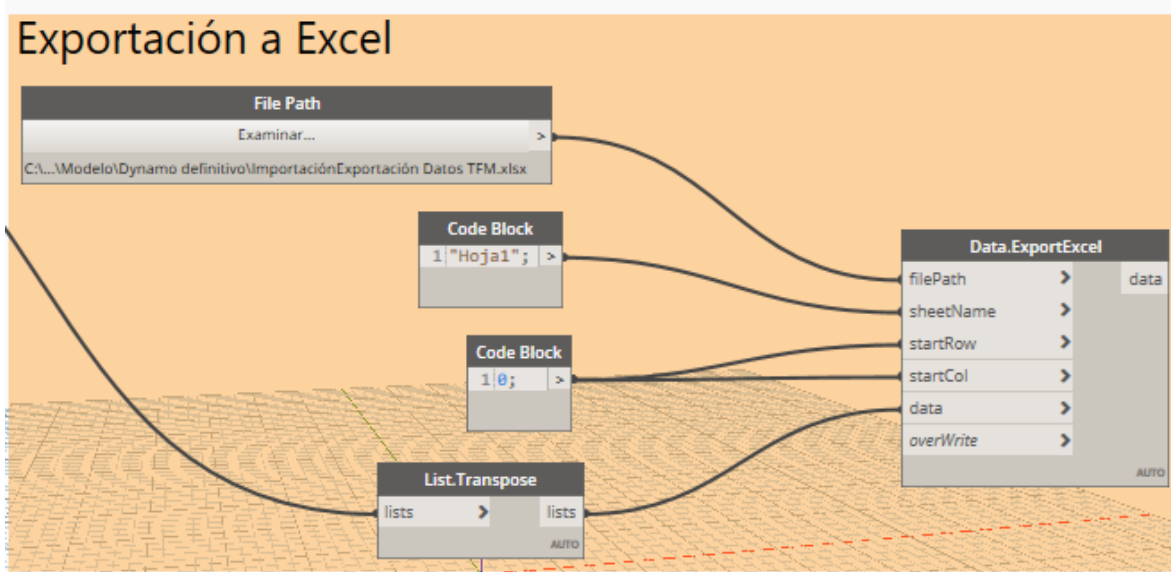


Imagen 17: Script de exportación de datos. Fuente: Elaboración propia.

Y es así como se obtiene una tabla de Excel con los datos del modelo Revit, la cual se puede ir actualizando a medida que se va actualizando el modelo, lo que hace eficiente la toma de decisiones.

Ahora, en el proceso de importación de datos de Excel a Revit lo que se hará a modo de ejemplo y para corroborar que Dynamo es una interfaz que facilita la toma de decisiones para el mantenimiento, optimizando procesos. Se pasará la información de los elementos que se reportaron con lesiones en el informe de “Proyecto de Intervención Patrimonial” (imagen 18) elaborado el año 2019, a la tabla de Excel creada en la exportación, para que esa información se añada de forma automática al modelo.



Imagen 18: Levantamiento de lesiones. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial iglesia Detif.

Para eso, se siguió la siguiente secuencia:

- Lo primero que se hizo fue en Revit identificar los elementos con lesiones y de forma manual se incorporó el código de la lesión en el parámetro con ese nombre, como se observa en la imagen 19. Luego, se ejecutó nuevamente la rutina de exportación de datos, para actualizar la tabla, y aparecieran los códigos de las lesiones para identificar los elementos.

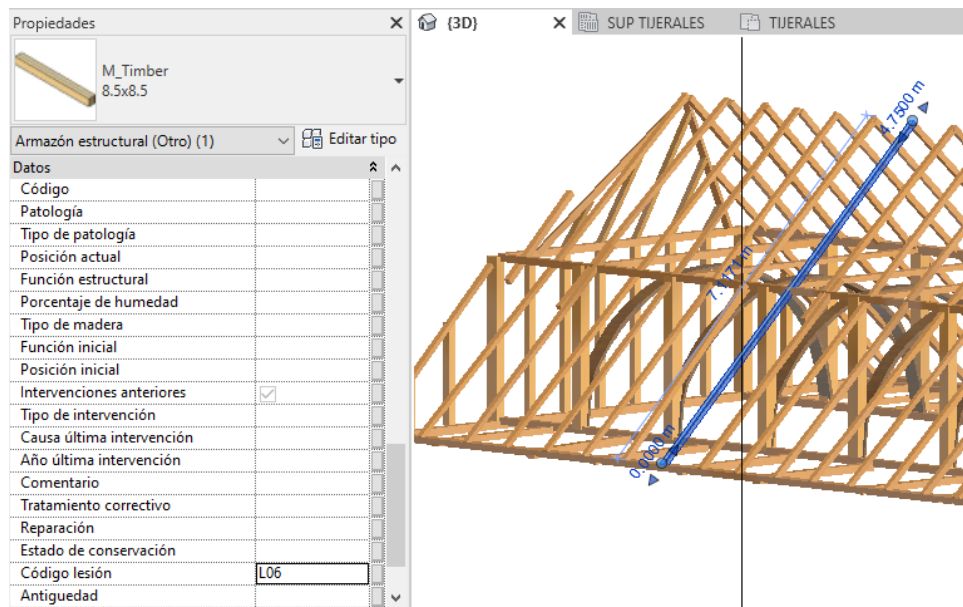


Imagen 19: Adición de código de lesión a elementos en Revit. Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente, se abrió la tabla de Excel “ImportaciónExportación Datos TFM”, que tendrá los datos anteriormente ejecutados, y a partir de ahí se completarán los parámetros de todos los elementos que tengan lesiones con la información dada en el informe, y en los demás elementos que no se tenga información, se completará con “S/I” (sin información). (Imagen 20)
- A continuación, se abrirá una nueva hoja de Dynamo, la cual se guardará como “Importación de datos”. Luego, se vinculará el mismo archivo Excel utilizado en la exportación de datos, para que ambas rutinas puedan



ahora, a través de la rutina de Dynamo, cuenta con toda la información para poder tomar decisiones sobre su mantenimiento o restauración.

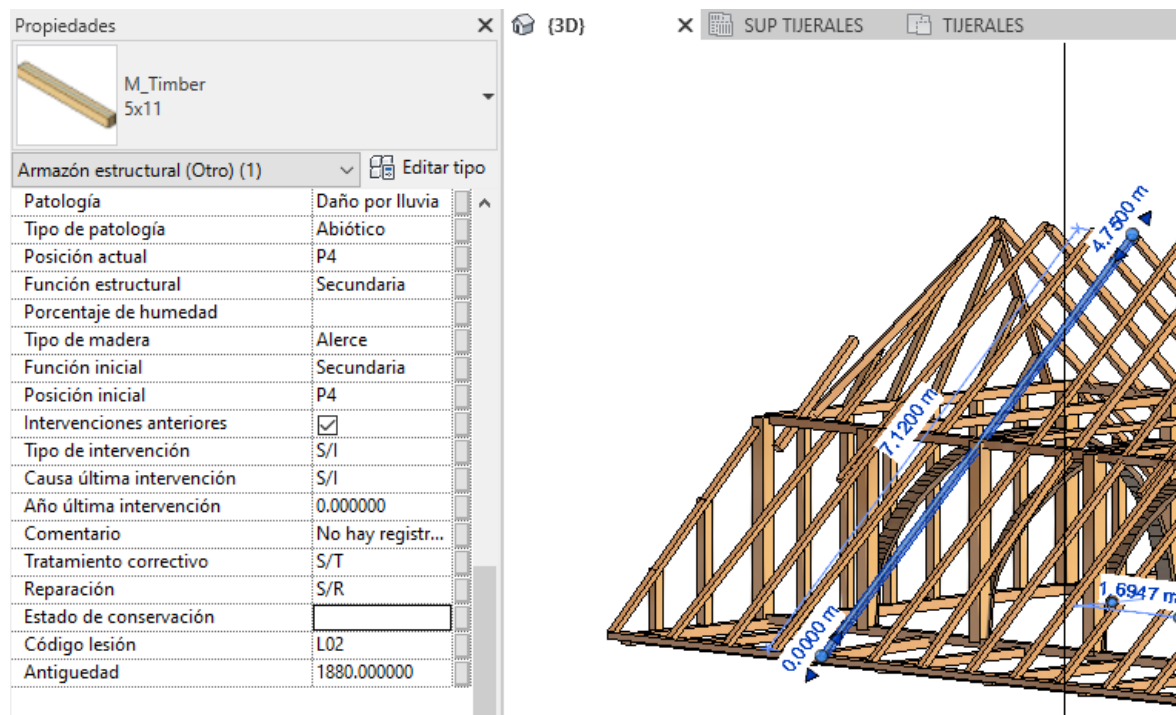


Imagen 21: Resultado importación de datos de Excel a Revit. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4 Etapa 4: Gestión del Mantenimiento

Luego de gestionar la información desde diferentes fuentes de datos al modelo, lo que queda es analizar dicha información. Para eso, es que se crea una matriz de criticidad para aplicar a cada elemento de acuerdo con sus características, con el fin de poder hacer un mantenimiento predictivo a partir de un modelo que consta con información suficiente para facilitar la toma de decisiones.

Las matrices de riesgos o de criticidad son una herramienta de control y de gestión que se utiliza con la finalidad de identificar las actividades o procesos más relevantes, en este caso, los elementos más críticos, que afectan el correcto funcionamiento del edificio.

Los atributos para considerar se observan en la tabla 4, los cuales fueron extraídos de consideraciones que se obtuvieron en investigaciones referidas a mantenimiento de edificios, que, en este caso, fueron adaptados a los atributos de un edificio patrimonial de acuerdo a los antecedentes recopilados sobre ésta a lo

largo de la presente investigación, también estuvo apoyado con entrevistas a ingenieros de la industria maderera.

Tabla 4: Atributos a considerar en la evaluación del estado de conservación del elemento. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Código	Condición	Posibilidad	Impacto
<b>1. PATOLOGÍAS</b>	1.1	Hongos de Pudrición		
	1.2	Insectos Xilófagos		
	1.3	Hongos Cromógenos		
	1.4	Colonia de Murciélagos		
	1.5	Acción radiación solar		
	1.6	Acción lluvia		
	1.7	Acción fuego		
	1.8	Acción productos químicos		
	1.9	Manchas humedad		
	1.10	Daño Mecánico		
	1.11	Defectos de secado		
	1.12	Deformaciones		
<b>2. % Humedad</b>	2.1	0-20		
	2.2	20-40		
	2.3	40-60		
	2.4	60-80		
	2.5	80-100		
<b>3. Ubicación</b>	3.1	P1		
	3.2	P2		
	3.3	P3		
	3.4	P4		
	3.5	P5		
	3.6	P6		
<b>4. Función Estructural</b>	4.1	Primario		
	4.2	Secundario		
	4.3	Terciario		
	4.4	Revestimiento		
	4.5	Puerta		
	4.6	Ventana		
<b>5. Tipo de intervención</b>	5.1	Preventivo		
	5.2	Correctivo		
	5.3	Predictivo		
<b>6. Reparaciones</b>	6.1	Parcial		
	6.2	Total		
	7.1	0-30%		

<b>7. Actualización de documentos</b>	7.2	30-60%		
	7.3	60-100%		

El análisis consiste en seleccionar un elemento, y evaluar sus características frente a la probabilidad que se genere la condición mencionada y el impacto que esto produzcan en el estado de conservación del edificio.

La matriz es de tipo 5x5 (imagen 22): en el eje de las abscisas se encuentra la escala de impacto que se evalúa desde lo despreciable, marginal, moderado, significativo y grave; en el eje de las ordenadas se encuentra la escala de posibilidad, la cual va desde lo excepcional, improbable, posible, probable y finalmente muy probable. En la tabla 5 se describe cada uno de los niveles.

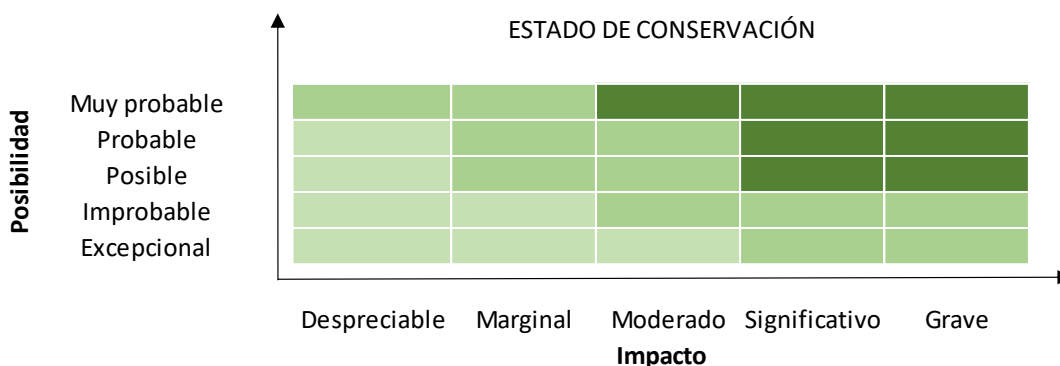


Imagen 22: Matriz de criticidad de Estado de Conservación de elementos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Descripción de medición de criticidad. Fuente: Elaboración propia.

<b>Posibilidad: Corresponde a la Posibilidad de que se generen las condiciones descritas para cada característica de los elementos</b>
Muy probable: Posibilidad muy alta
Probable: Posibilidad alta
Posible: Posibilidad media
Improbable: Posibilidad baja
Excepcional: Posibilidad muy baja
<b>Impacto: Corresponde al efecto que se genera sobre el estado de conservación del edificio</b>
Grave: Efecto grave en el edificio patrimonial, afecta su correcto funcionamiento
Significativo: Efecto significativo en el edificio patrimonial, posibilidad alta de afectar su funcionamiento
Moderado: Efecto no significativo en el edificio patrimonial, posibilidad baja de afectar su funcionamiento
Marginal: Efecto leve, muy poca influencia sobre el funcionamiento del edificio patrimonial.

Despreciable: Efecto insignificante, prácticamente ninguna influencia sobre el funcionamiento del edificio patrimonial

Como ejemplo sobre uso de la metodología HBIM en la evaluación del estado de conservación de edificios patrimoniales, es que selecciona el elemento que presenta la lesión con el código L02 de la imagen 19, para analizar su mantenimiento predictivo.

De acuerdo con el levantamiento presentado en el “Proyecto de Intervención Patrimonial”, se indica que ese tijeral se encuentra afectado por insectos xilófagos, ubicado en el sector P4 al lado contrario del mar. El resultado del análisis es el que se observa en la tabla de a continuación:

Tabla 6: Ejemplo de aplicación categorización de elemento. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Código	Condición	Posibilidad	Impacto
<b>1. PATOLOGÍAS</b>	1.1	Hongos de Pudrición	-	-
	1.2	Insectos Xilófagos	Muy probable	Significativo
	1.3	Hongos Cromógenos	-	-
	1.4	Colonia de Murciélagos	-	-
	1.5	Acción radiación solar	-	-
	1.6	Acción lluvia	-	-
	1.7	Acción fuego	-	-
	1.8	Acción productos químicos	-	-
	1.9	Manchas humedad	-	-
	1.10	Daño Mecánico	-	-
	1.11	Defectos <u>de</u> secado	-	-
	1.12	Deformaciones	-	-
<b>2. % Humedad</b>	2.1	0-20	-	-
	2.2	20-40	Muy probable	Grave
	2.3	40-60	-	-
	2.4	60-80	-	-
	2.5	80-100	-	-
<b>3. Ubicación</b>	3.1	P1	-	-
	3.2	P2	-	-
	3.3	P3	-	-
	3.4	P4	Muy probable	Moderado

	3.5	P5	-	-
	3.6	P6	-	-
<b>4. Función Estructural</b>	4.1	Primario	Muy probable	Grave
	4.2	Secundario	-	-
	4.3	Terciario	-	-
	4.4	Revestimiento	-	-
	4.5	Puerta	-	-
	4.6	Ventana	-	-
<b>5. Tipo de intervención</b>	5.1	Preventivo	-	-
	5.2	Correctivo	Muy probable	Significativo
	5.3	Predictivo	-	-
<b>6. Reparaciones</b>	6.1	Parcial	-	-
	6.2	Total	Probable	Grave
<b>7. Actualización de documentos</b>	7.1	0-30%	Probable	Grave
	7.2	30-60%	-	-
	7.3	60-100%	-	-

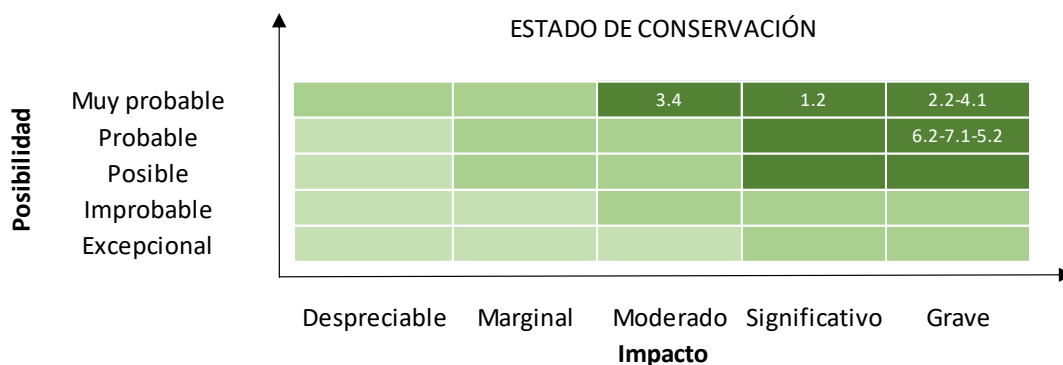


Imagen 23: Resultado criticidad de intervención de elemento. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el riesgo de este elemento de acuerdo con su estado de conservación es alto. Lo que sugiere una mantención antes de que la estructura colapse y se deba hacer una restauración de daño. De esta forma, se espera analizar cada elemento del edificio para poder predecir su mantenimiento a lo largo del ciclo de vida, a través de este modelo de mantenimiento.

Según todo lo anteriormente visto, a partir de un levantamiento de información exhaustivo, un análisis de esta información, realización del modelo e



incorporación de datos en él, se puede obtener un conocimiento más acercado a la realidad más allá de lo geométrico.

## 8. CONCLUSIONES

Mediante esta investigación, se estableció una integración entre criterios de mantenimiento a través del flujo de información HBIM en fases gestión de conservación de edificios patrimoniales. Para lograr el objetivo principal de ésta investigación, lo primero fue hacer un levantamiento sobre los métodos existentes de gestión de información patrimonial a nivel mundial.

Se examinaron las normativas de España y Chile, respecto a conservación mantenimiento y metodología BIM revisando algunos procesos y métodos existentes que vinculan ambos países. En el caso de España, el país invierte recursos en una buena gestión y mantenimiento del patrimonio, teniendo en cuenta que además tiene dentro del territorio una gran cantidad de inmuebles patrimoniales, por lo que no sólo el Estado trabaja para preservar el patrimonio, sino que los ciudadanos tienen una mayor conciencia sobre los cuidados patrimoniales que en Chile. En el caso de Chile, el Estado no invierte tantos recursos en la conservación de los edificios patrimoniales, más bien es la UNESCO la entidad que se preocupa de velar por el cuidado de estos edificios, y en el caso de Chiloé, los locatarios de la zona han organizado agrupaciones para recaudar fondos y así velar por la preservación de su identidad cultural. En el caso de la implementación de la metodología BIM, no existe una norma o estándar que abarque el término como tal. En el caso de España, se han realizado levantamientos con nubes de punto, fotogrametría, cámaras térmicas, entre otros métodos, para poder crear un plan de mantenimiento sin dañar el inmueble patrimonial, y en algunos casos, poder predecir el mantenimiento. Chile en ese sentido aún no tiene instaurado la conservación y mantenimiento del patrimonio, no existen investigaciones que integren la metodología BIM y la conservación del patrimonio en Chile.

### ***8.1 Cumplimiento de objetivos específicos:***

Objetivo 1: A través de un levantamiento de la información que se hizo de forma remota, consultando a antecedentes técnicos documentados en inspecciones visuales al edificio y entorno, sin alterar el bien patrimonial; escuchando entrevistas de habitantes del entorno de la iglesia, y extrayendo antecedentes de investigaciones realizadas a las iglesias de Chiloé, se pudo hacer una recopilación

importante de información sobre la iglesia, el entorno, la historia, el contexto y la apreciación que tienen los lugareños respecto a la iglesia. En este punto se observó la necesidad de obtener la información documentada, puesto que entre diferentes documentos existían inconsistencias entre los antecedentes entregados, lo que dificultó discernir la información verdadera, pero como esta investigación se centra en el desarrollo de un método que permita la gestión de mantenimiento, el método se realiza bajo la premisa que la información es dinámica y siempre se puede actualizar.

Objetivo 2: A partir de ello, se identificó las patologías y riesgos de los elementos constructivos que conforman la iglesia. Para este punto fue importante el informe de intervención patrimonial realizado el 2019, que indicaba las patologías detectadas en la iglesia junto con fotografías. La dificultad de esta etapa estuvo en que no se detallaba el tipo de madera que se encontraba en cada parte, y puesto que esta iglesia ha ido teniendo modificaciones en el tiempo, ejecutadas por los mismos residentes de la localidad, es que no se puede asumir que todos los elementos pertenecientes a una misma función estructural correspondan a la misma materialidad. Finalmente, se reconocieron las materialidades de algunos elementos para poder realizar el diagnóstico del estado de conservación. Otras de las dificultades presentes en esta parte es que, no se tenía información sobre la antigüedad de los elementos en específico: en algunos casos se podía asumir que la madera era más antigua por la forma del corte, pero no fue posible acceder a mayores detalles al respecto. A pesar de lo anterior, se hizo un estudio sobre la madera, sus patologías y métodos de mantenimiento, lo que facilitó la comprensión de la estructura y aproximando el modelo a la realidad, teniendo siempre en cuenta que lo que buscó esta investigación es crear un modelo para la gestión de mantenimiento, por lo que cambiar los datos en el modelo es algo sencillo de realizar.

Objetivo 3: Analizar el entorno de la iglesia utilizando QGIS es una buena opción, ya que entrega datos sobre la ubicación, relieve, ubicación de zonas costeras, montañas, carreteras y zonas urbanas, juntos con datos de población, densidad, cotas de elevación, puntos sanitarios, etc. En el caso de Chile, la

información cartográfica no se encuentra tan avanzada como en España, por lo que la información a la que se puede acceder mediante mapas vectoriales, se limita a lo expuesto en esta investigación, que permite ubicar la iglesia de Detif, identificar los sectores cercanos y a grandes rasgos la población, pero es una información que no se encuentra actualizada, ya que pertenece a un levantamiento del año 2014, pero si ayuda a potenciar la utilidad que tiene QGIS en la gestión de información sobre el entorno patrimonial.

Objetivo 4: Con todos los antecedentes recopilados en las etapas anteriores, realizar un modelo no tuvo mayores dificultades. Elaborar un modelo digital con mapas de conservación aplicable a las iglesias de Chiloé era un aspecto útil para solucionar estos problemas de conservación, se levantó un modelo inicial en un entorno de trabajo HBIM, como una alternativa válida, ya que proporcionan un repositorio centralizado y actualizado donde se ordena la información para que esté disponible para los diferentes agentes cuando la necesiten. Esta información puede ser histórica o técnica, incluyendo modelos digitales y evaluación de procesos de deterioro e intervención. A partir del modelo, se elaboró una programación informática dinámica que vincula una base de datos referencial con el software de modelado Autodesk Revit, mediante programación visual con Dynamo y la gestión de la información con una planilla electrónica MS Excel. Esta interacción tiene valor, ya que, como el edificio actúa dinámicamente con el paso del tiempo, los cambios en su entorno, etc., es necesario que el modelo mantenga actualizado todos los parámetros, propios de un modelo HBIM que maneja información de muchos ámbitos, de forma optimizada, reduciendo el tiempo en la incorporación de datos de forma manual al modelo.

Objetivo 5: Respecto a diseñar un modelo de gestión de mantenimiento, se puede mencionar que, al realizar un levantamiento completo de los datos del edificio, es posible conocer bien el edificio y diseñar un modelo de gestión, estableciendo una matriz de criticidad en la cual se pueda categorizar los elementos que requieran un mantenimiento mas urgente, pero para esto se debe tener la información totalmente actualizada. Esta investigación se centró en recopilar antecedentes para hacer una matriz de impacto con el propósito de evaluar el

estado de conservación de los elementos, pero para hacer esta matriz mas precisa, es necesario que un experto en madera colabore con el levantamiento de antecedentes como las patologías, porcentaje de humedad, y el comportamiento de los materiales según factores externos.

### ***8.2 Conclusiones sobre las hipótesis de investigación***

La integración de criterios de mantenimiento en un flujo HBIM facilita la toma de decisiones para una mejor gestión de conservación mediante información geométrica y semántica de edificios patrimoniales, pero para esto se debe tener un conocimiento global del edificio y su entorno, junto con la interacción que tiene entre ellos.

Como se revisó, los resultados apuntan a que la integración de criterios de mantenimiento en el flujo BIM, en el caso de estudio, permite al gestor evaluar rápidamente y mejor el impacto en la conservación del edificio, optimizando el flujo de la información dentro del modelo. Además, permite simplificar y facilitar la lectura de los resultados para aquellos no expertos que se vinculan a edificios patrimoniales, permitiendo facilitar la toma de decisiones, corroborando de esta forma la hipótesis.

## 9. LIMITACIONES

El primer punto por considerar es que el modelo de flujo de información no es completo ni real en su parte geométrica, ya que solo se trata de una propuesta de incorporación de flujos de información. Si existiese un levantamiento a través de nubes de punto y fotogrametría, sería posible poder elaborar un modelo geométrico real.

Debido a que es una iglesia que tiene bastantes años, se encuentra en una localidad rural y, además, como parte de la costumbre, los conocimientos son heredados, al igual que las historias que se van contando, es que detrás de los relatos existe una inconsistencia en algunos registros, que tienen relación con fechas, periodos, ritos e intervenciones del inmueble. La información no se encuentra documentada, solo está en la historia de los lugareños y, por otro lado, la inexperiencia de la investigadora sobre los conocimientos de la madera, que es el principal material utilizado en estas iglesias, y la identificación de atributos como patologías, tipos de madera, y el funcionamiento del patrimonio, hace que existan dificultades en el diagnóstico del estado de conservación del edificio.

La información registrada referente a las intervenciones y estado de conservación fue la que se encuentra en el último informe realizado por la UNESCO, resultado del levantamiento realizado el 2019, por lo que, no es un registro actualizado.

En la elaboración del modelo de Georreferencia se encuentra la limitación de que la información allí contenida es del año 2014, por lo que no es una información actualizada sobre el entorno del edificio, pero si ayuda a contemplar su ubicación, aproximación al mar y a las comunidades cercanas.

Existen oportunidades de mejora en la automatización de la rutina en Dynamo, ya que la elaboración de ésta por parte de la investigadora resultó compleja por el poco conocimiento sobre el uso de la interfaz, pero de igual manera se obtuvo la optimización en la importación y exportación de datos, facilitando un

flujo de la información eficiente, la limitación se centra solo en la elaboración de la rutina.

## REFERENCIAS

Ahmad, Y. (2006). The scope and definitions of heritage: from tangible to intangible. *International journal of heritage studies*, 12(3), 292-300.

Amaya, S. (1976). Construcción con madera. *CIID informa*, v. 5, no. 4.

Azkarate, A., Ruíz de Ael, M. J., & Santana, A. (2003). *El patrimonio arquitectónico*. País Vasco: Ediciones UPV. EHU. Recuperado de: <http://cort.as/-ICEt>.

Baik, A. H. (2020). *Heritage Building Information Modelling for Implementing UNESCO Procedures: Challenges, Potentialities, and Issues*. Routledge.

Bailey, A., Gauvin Cultural Convergence in the Chiloé Archipelago, en O'Malley John, S.J. (2006). *The Jesuits II. Cultures, Sciences, and Arts, 1540-1773*. Toronto, University of Toronto Press Incorporate

Barreiro, S., & Hirsch, T. (2011). *Protección de la madera*.

Bazán, Á. M., Alberti, M. G., Álvarez, A. A. A., Pavón, R. M., & González Barbado, A. (2021). BIM-Based Methodology for the Management of Public Heritage. CASE Study: Algeciras Market Hall. *Applied Sciences*, 11(24), 11899.

Besné, A., Pérez, M. Á., Necchi, S., Peña, E., Fonseca, D., Navarro, I., & Redondo, E. (2021). A systematic review of current strategies and methods for BIM implementation in the academic field. *Applied Sciences*, 11(12), 5530.

Biazzo, S., & Bernardi, G. (2003). Process management practices and quality systems standards: Risks and opportunities of the new ISO 9001 certification. *Business Process Management Journal*.

BIM dictionary. (2019). BIM dictionary. Obtenido de <https://bimdictionary.com/terms/search>

BIM Fórum Chile, Corporación de Desarrollo Tecnológico (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. Recuperado de



<http://www.bimforum.cl/wpcontent/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizacionesversi%C3%B3n-imprenta.pdf>

Bruno, S., De Fino, M., & Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, 86, 256-276.

BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). Introducción a la serie EN-ISO 19650 parte 1 y 2.

Cambroner Grimaldos, R. (2021). Diseño del plan de mantenimiento del edificio del Jardín Botánico de Valencia (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Caneva, G., Nugari, M. P., & Salvadori, O. (2000). La biología en la restauración (Vol. 5). Editorial Nerea.

Chaparro, M. C., & Prospectiva, I. I. (2018). Patrimonio cultural tangible. Retos y estrategias de gestión, 13.

Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q. (2015). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International journal of project management*, 33(6), 1405-1416.

Churches of Chiloé - UNESCO World Heritage Centre The Churches of Chiloé represent a unique example in Latin America of an outstanding form of ecclesiastical wooden architecture. They represent a tradition initiated by the Jesuit Peripatetic Mission in the 17th and 18th centuries, continued and enriched by the Franciscans during the 19th century ... [whc.unesco.org](http://whc.unesco.org) el 26 de enero de 2022.

Cohen Karen, D., & Asín Lares, E. (2009). Tecnologías de información en los negocios (No. 658.403 C6605t Ej. 1). McGraw-Hill.

CONSTRUIDO, P. CARTA DE CRACOVIA 20001 PRINCIPIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO.

Corbalán, Mariano; Di Lullo, Eugenia; Rodríguez Pontet, María Eugenia y DIAZ, Osvaldo. 2017. "Encuentros y desencuentros de la gestión del patrimonio arqueológico en la provincia de Tucumán". *Revista Andes*[online]. Vol.28, N° 1: 00-00. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-80902017000100008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-80902017000100008&lng=es&nrm=iso)>. Consultado el 16.07.18

Correa, M. (2015) La Basílica del Salvador en Santiago de Chile: Propuesta de reparación de patología de grietas y fisuras en albañilería de ladrillo y aglomerante de cal. [Tesis de Maestría, Universidad de Sevilla].

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/39578/aomaster83.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cristinelli, G. (2002). *The Krakow Charter 2000. Principles for the conservation and restoration of built heritage*, Marsilio, Venice, 182.

Del Castillo Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L., & Fraga Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*, 12(3), 1-12.

Delgado Orrego, S. M. (2015). Síntesis interpretativa del origen y evolución de las iglesias patrimoniales de Chiloé.

Díaz-Andreu, M. (2017). Heritage values and the public. *Journal of community archaeology & heritage*, 4(1), 2-6.

Dore, C., & Murphy, M. (2012). Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. In 2012 18th International conference on virtual systems and multimedia (pp. 369-376). IEEE.

Fernández, J. M. A. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e ingeniería*, 1(1), 1-8.

Finat, J., Muñoz, M., Martín, P., Valverde, B., Martínez, R., Delgado, F. J., ... & Martínez, M. (2014). Una aproximación semántica a sistemas de información 3D para la resolución de problemas de accesibilidad en patrimonio construido.

Foglia, R. C. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 2(5), 88-92.

Fregonese, L., Achille, C., Adami, A., Fassi, F., Spezzoni, A., & Taffurelli, L. (2015, September). BIM: An integrated model for planned and preventive maintenance of architectural heritage. In 2015 Digital Heritage (Vol. 2, pp. 77-80). IEEE.

Froese, T. M. (2010). The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in construction*, 19(5), 531-538.

García, J. (2014). *Mantenimiento Eficiente de Edificios*. Recuperado de: [http://www.agenex.net/guias-altercexa/6\\_MANTENIMIENTO\\_EFICIENTE\\_DE\\_EDIFICIOS.pdf](http://www.agenex.net/guias-altercexa/6_MANTENIMIENTO_EFICIENTE_DE_EDIFICIOS.pdf)

García-Bellido, J. (1988). Problemas urbanísticos de la Ley de Patrimonio Histórico Español: un reto para el urgente desarrollo legislativo autonómico.

García-Valdecabres, J., Galiano-Garrigós, A., Cortes Meseguer, L., & López González, C. (2021). HBIM work methodology applied to preventive maintenance: a state-of-the-art review. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations IV*, 205, 157.

González, L., Rodríguez, F., (2015). Iglesias de Chiloé. Hacia una teoría de intervención sostenible de la arquitectura vernácula patrimonial construida en madera de Chile Austral.

Graham, B., & Howard, P. (2016). Introduction: Heritage and identity. In *The Routledge Research Companion to Heritage and Identity* (pp. 1-15). Routledge.

Guerra, I., (2019). 012 BIM y Mantenimiento. BIM Level. <https://bimlevel.com/012-bim.y.mantenimiento/>

Holguín, M. (2013). Presentación Principios según la UNE-13306. "Mantenimiento: Introducción, Definiciones y Principios". Recuperado de: <http://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/1000/1041/1041.pdf>

ICOMOS (2003). Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. Proceedings of the ICOMOS 14th General Assembly in Victoria Falls, Victoria Falls, Zimbabwe, 27-31

Ito, K. (1998). U.S. Patent No. 5,761,674. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Jimeno, M. D. R. F. (2006). Aspectos contables derivados del mantenimiento del patrimonio cultural. *Auditoría pública*, (39), 53-66.

Jokilehto, J. (2017). *A history of architectural conservation*. Routledge.

Jurado Egea, J., Liébana Carrasco, Ó., & Gómez Navarro, M. (2015). Uso de BIM como herramienta de Integración en Talleres de Tecnología de la Edificación. In *EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM* (pp. 13-23).

Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía, Boletín Oficial del Estado, 38, de 13 de febrero de 2008. <https://www.boe.es/eli/es-an/l/2007/11/26/14>

Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, Boletín Oficial del Estado, 155, de 29 de junio de 1985. <https://www.boe.es/eli/es/l/1985/06/25/16>

Ley 17.288, de 27 de enero de 1970, sobre Monumentos Nacionales, Diario Oficial de Chile, 04 de febrero de 1970.

Lopez, F. J., Lorens, P. M., Llamas, J., Gomey-Garcia-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A review of Heritage Building Information Modelling. *Multimodal Technologies and Interaction* 2 (2), 21: np.

Lourenço, P. B. (2014). The ICOMOS methodology for conservation of cultural heritage buildings: concepts, research and application to case studies.

Maldonado, N. G., Martín, P., Maldonado, I., Calderón, F., González del Solar, G., & Domizio, M. (2015). Estudios para la puesta en valor de edificio patrimonial con pinturas murales en zona sísmica: un caso de estudio. In Proceedings of the XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção, XV Congresso de Controlo de Qualidade na Construção, Construção. Mata Jiménez, J. D. L. (2011). Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas.

Matus Madrid, C., Zúñiga-Becerra, P., & Pérez-Bustamante, L. (2019). Patrimonialización de sitios industriales textiles: Más de una década de puesta en valor por las comunidades de Tomé. *Sophia Austral*, (23), 235-256.

Mol, A., Cabaleiro, M., Sousa, H. S., & Branco, J. M. (2020). HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures. *Automation in Construction*, 117, 103262.

Monroy, M. E., Arciniegas, J. L., & Rodríguez, J. C. (2012). Caracterización de herramientas de ingeniería inversa. *Información tecnológica*, 23(6), 31-42.

Morales, F. M. (2014). Legislación cultural chilena. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Santiago, Chile 2014.

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*.

Navarro Bernal, S. (2015). Modellazione e disegno con BIM per la gestione degli edifici pubblici (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Olivares Sánchez, A. (2015). Mantenimiento integral de edificios e instalaciones: Análisis y medidas de mejora.

Ordenanza general de urbanismo y construcciones. (1993). MINVU.

Oreni, D., Brumana, R., Georgopoulos, A., & Cuca, B. (2013). HBIM for conservation and management of built heritage: Towards a library of vaults and wooden beam floors. *ISPRS annals of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 5, W1.

Osello, A., Lucibello, G., & Morgagni, F. (2018). HBIM and virtual tools: A new chance to preserve architectural heritage. *Buildings*, 8(1), 12.

de Pablos Heredero, C. (2004). Informática y comunicaciones en la empresa. ESIC Editorial.

Piruat, F. (2016). Integración del Building Information Modeling (BIM) con la práctica del Facility Management (FM). Mejora de procesos de toma de decisiones en mantenimiento. Sevilla, España.

Prieto, A. J., Macías Bernal, J. M., Alejandro Sánchez, F. J., Silva, A., & Chávez, M. J. (2018). Evaluación de los costes de mantenimiento y restauración de edificios patrimoniales.

Puchi, P., Muñoz, A. A., González, M. E., Abarzúa, A., Araya, K., Towner, R., ... & Stahle, D. (2017). Potencial de los anillos de crecimiento de *Pilgerodendron uviferum* para el estudio histórico de las Iglesias de Chiloé, Patrimonio de la Humanidad. *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 109-121.

Salvatierra Cuenca, V. (1994). Historia y desarrollo del modelo andaluz de Arqueología. *Trabajos De Prehistoria*, 51(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.3989/tp.1994.v51.i1.461>

Scovazzi, T. (2015). Intangible cultural heritage as defined in the 2003 UNESCO convention. In *Cultural Heritage and Value Creation* (pp. 105-126). Springer, Cham.

Senn, D. (2017). Patrimonialización e ingreso a la modernidad: El caso de las Iglesias de Chiloé.

Simeone, D., Cursi, S., & Acierno, M. (2019). BIM semantic-enrichment for built heritage representation. *Automation in Construction*, 97, 122-137.

Soto, C., Manriquez, S., & Godoy, P. (2019). BIM Standard for Public Projects. Plan BIM Chile.

Soy Aumatell, C. (2003). Auditoría de la información: análisis de la información generada en la empresa. *El profesional de la información*, 12(3), 244.

Stober, D., Žarnić, R., Penava, D., Podmanicki, M. T., & Virgej-Đurašević, R. (2018). Application of HBIM as a research tool for historical building assessment. *Civ. Eng. J*, 4(7).

Talaverano, R. (2014). Documentación gráfica de edificios históricos: principios, aplicaciones y perspectivas. *Arqueología de la Arquitectura*, 11(11)

UNE-EN 15331. Criterios para el diseño, la gestión y el control de servicios de mantenimiento de edificios. Asociación Española de Normalización y Certificación. 2012. Madrid-España. Disponible en: [www.aenor.es](http://www.aenor.es).

UNESCO (2000) 'The Churches of Chiloé', UNESCO. Extraído de <http://whc.unesco.org/en/list/971>

Vargas, E. M., Labraña, C. M., & Dzul, G. V. (2018). Educación patrimonial para la gestión del patrimonio cultural en Chile. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, (87), 1371-1390.

Velasco, J. A. S. (2002). Algunas observaciones sobre la actual legislación española de patrimonio arqueológico. *Iberia. Revista de la Antigüedad*, 5, 7-20.

Vidal, C. L., Schmal, R. F., Rivero, S., & Villarroel, R. H. (2012). Extension del diagrama de secuencias UML (lenguaje de modelado unificado) para el modelado orientado a aspectos. *Información tecnológica*, 23(6), 51-62.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.

Wang, X., Wu, C., & Que, R. (2021). Regularized Rebuild Workflow of HBIM for Built Heritage Documentation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8, 193-200.

Yang, X., Grussenmeyer, P., Koehl, M., Macher, H., Murtiyoso, A., & Landes, T. (2020). Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other information techniques. *Journal of Cultural Heritage*.

Youn, H. C., Yoon, J. S., & Ryoo, S. L. (2021). HBIM for the Characteristics of Korean Traditional Wooden Architecture: Bracket Set Modelling Based on 3D Scanning. *Buildings*, 11(11), 506.

Zanni, E. (2008). *Patología de la madera*. Editorial Brujas.

Zhu J, Chen Z, Sun L. A Method of construction of index system for highway maintenance management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [Internet]. 2013 [consultado: 11 marzo 2015]; 96:[1593–602 pp.]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.181>. ISSN: 1877-0428.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1: Ubicación de iglesias de Chiloé. Fuente: <a href="https://www.pinterest.com.mx/pin/430797520578975015/">https://www.pinterest.com.mx/pin/430797520578975015/</a> .....	7
Imagen 2: Modelo BIM integrado con información de Georreferencia. Fuente: <a href="https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1356/htm">https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1356/htm</a> .....	12
Imagen 3: Iglesia Basílica El Salvador en Santiago. Fuente: <a href="https://www.latercera.com/nacional/noticia/la-basilica-del-salvador-se-vuelve-levantar/296401/">https://www.latercera.com/nacional/noticia/la-basilica-del-salvador-se-vuelve-levantar/296401/</a> .....	16
Imagen 4: Iglesias de Chiloé declaradas patrimonio. Fuente: <a href="https://twitter.com/albertolarrains/status/1025889763713277952">https://twitter.com/albertolarrains/status/1025889763713277952</a> .....	36
Imagen 5: Patologías de la madera. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial iglesia de Detif.....	40
Imagen 6: Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia. ....	51
Imagen 7: Iglesia Apostol de Detif. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif.....	56
Imagen 8: Ubicación iglesia Apostol de Detif. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif. ....	56
Imagen 9: Ubicación de Iglesia Detif en QGIS. Fuente: Elaboración Propia. ....	58
Imagen 10: Información entregada por QGIS. Fuente: Elaboración Propia. ....	59
Imagen 11: Imagenería iglesia Detif. Fuente: Proyecto de Intervención patrimonial Iglesia de Detif.....	60
Imagen 12: Niveles a considerar en modelo Revit. Fuente: Elaboración Propia. ...	70
Imagen 13: Información geométrica modelo Revit. Fuente: Elaboración Propia. ...	70
Imagen 14: Modelo de revestimiento iglesia Detif. Fuente: Elaboración propia. ...	71
Imagen 15: Ubicación de parámetro de posición dentro del modelo. Fuente: Elaboración propia. ....	78
Imagen 16: Parámetros creados en Revit. Fuente: Elaboración propia. ....	79
Imagen 17: Script de exportación de datos. Fuente: Elaboración propia. ....	81
Imagen 18: Levantamiento de lesiones. Fuente: Proyecto de intervención patrimonial iglesia Detif. ....	81
Imagen 19: Adición de código de lesión a elementos en Revit. Fuente: Elaboración propia. ....	82

Imagen 20: Incorporación de información a tabla exportada por Dynamo. Fuente: Elaboración propia. ....	83
Imagen 21: Resultado importación de datos de Excel a Revit. Fuente: Elaboración propia. ....	84
Imagen 22: Matriz de criticidad de Estado de Conservación de elementos. Fuente: Elaboración propia. ....	86
Imagen 23: Resultado criticidad de intervención de elemento. Fuente: Elaboración propia. ....	88



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registro de intervenciones iglesia Detif. Fuente: Adaptado de Proyecto de Intervención Patrimonial iglesia Detif .....	63
Tabla 2: Estado de conservación de sistemas constructivos, Iglesia Detif. Fuente: Adaptación Proyecto de intervención patrimonial Iglesia Detif. ....	65
Tabla 3: Tabla resumen parámetros a considerar. Fuente: Elaboración Propia....	72
Tabla 4: Atributos a considerar en la evaluación del estado de conservación del elemento. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 5: Descripción de medición de criticidad. Fuente: Elaboración propia. ....	86
Tabla 6: Ejemplo de aplicación categorización de elemento. Fuente: Elaboración propia. ....	87

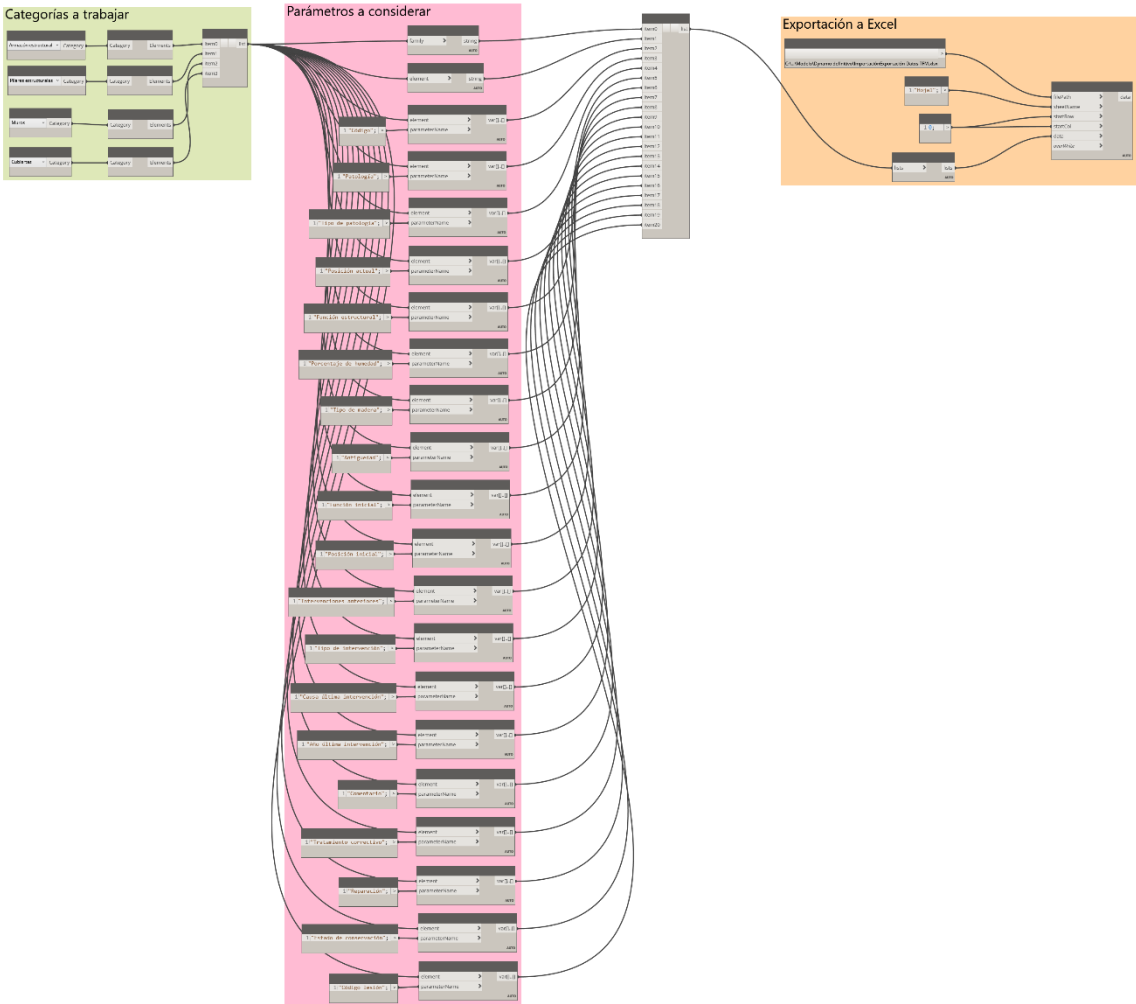
## **CAPÍTULO III: ANEXOS**

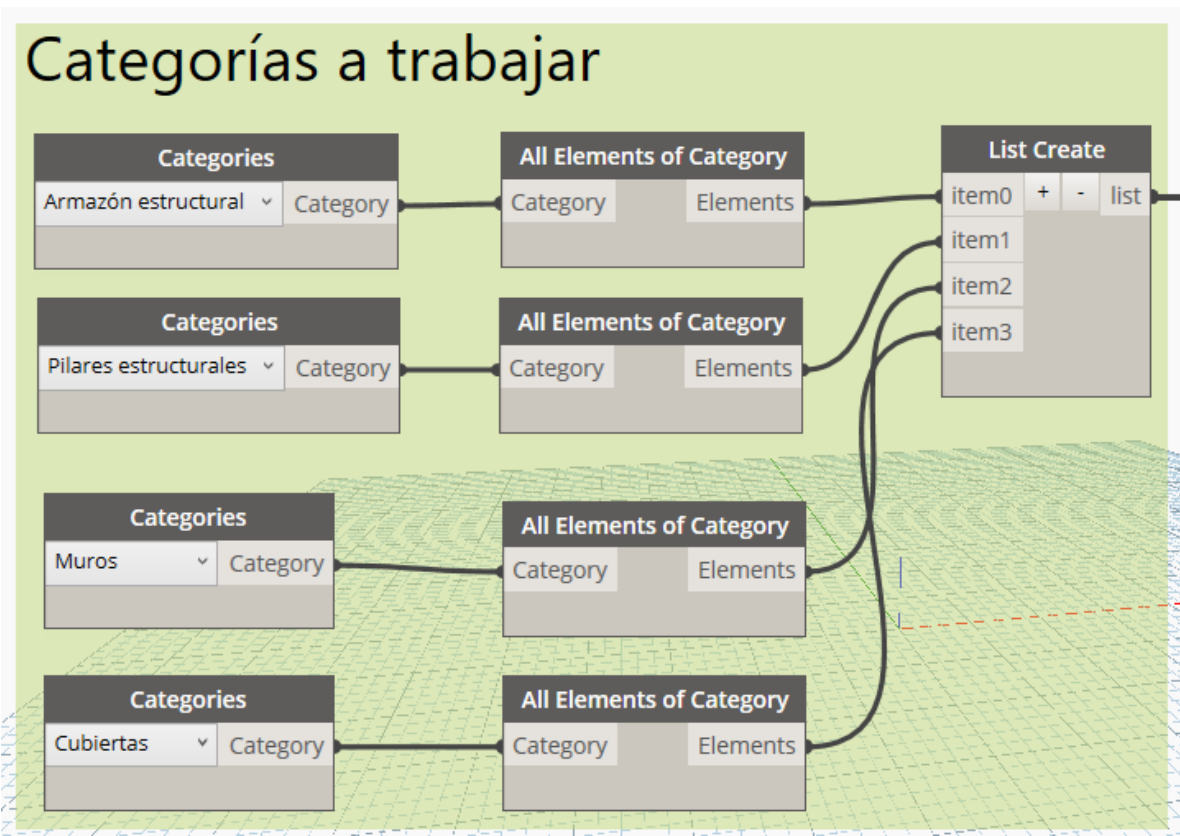
## ANEXO 1: NORMATIVA Y ESTÁNDARES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM

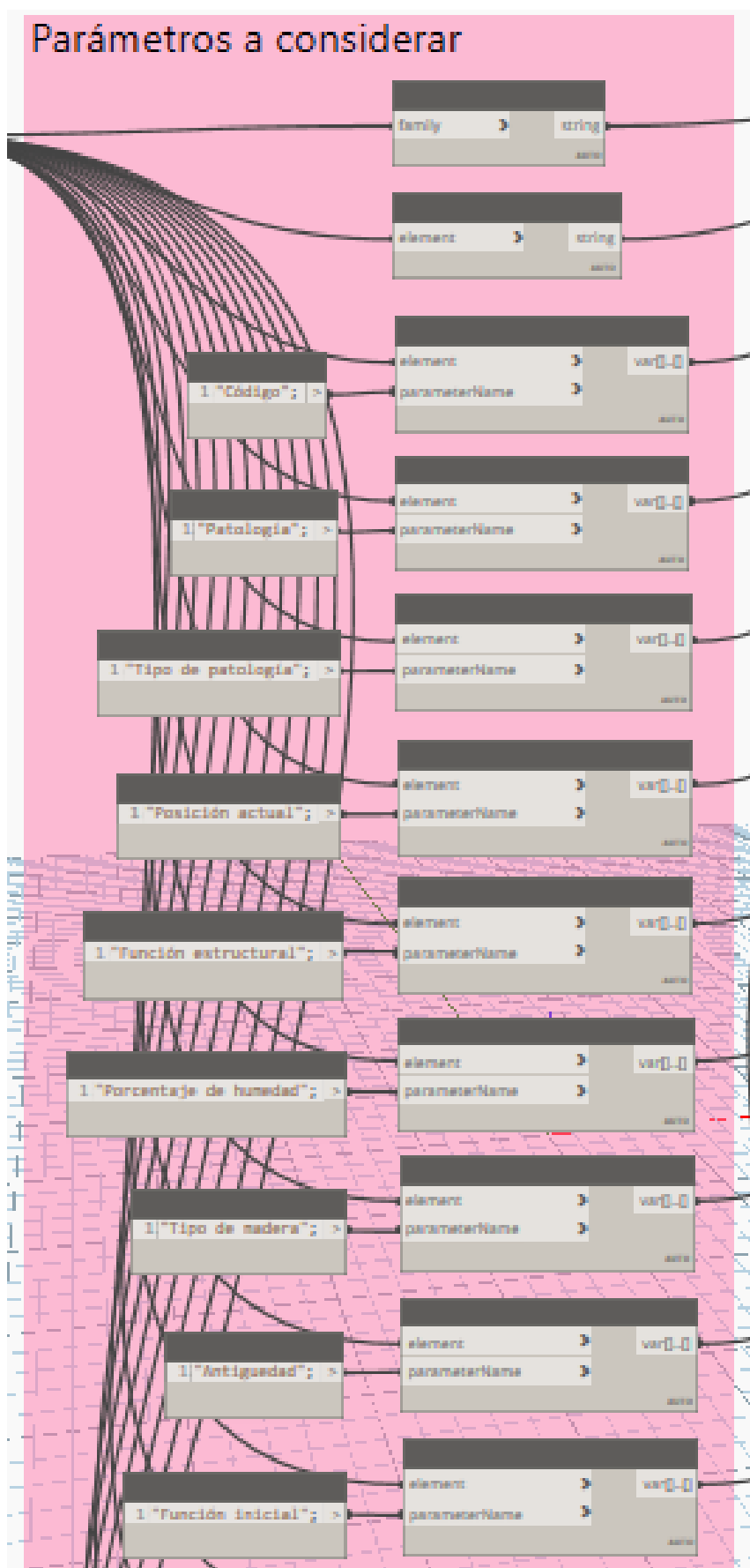
Normativa Estándar	o Alcance
ISO 29481-1:2016	Facilitar la interoperabilidad entre las aplicaciones de software utilizadas durante todas las etapas del ciclo de vida
ISO 29481-2:2016	Metodología y el formato para describir la interacción en un proyecto de construcción de edificios a lo largo de su ciclo de vida, buscando mapear las responsabilidades y el contexto del proceso para el flujo de información.
BuildingSMART	Ha desarrollado Industry Foundation Classes (IFC) como una especificación neutral y abierta para Building Information Models (BIM)
ISO 12006-3:2007	Especifica un modelo de información independiente del idioma que se puede utilizar para el desarrollo de diccionarios utilizados para almacenar o proporcionar información sobre obras de construcción.
BuildingSMART MVD	Entrega definiciones respecto a la vista de modelo, el cual es un subconjunto general de IFC para describir el intercambio de datos para un uso específico.
BS 1192-4:2014	Define una metodología para la transferencia entre partes de información estructurada relacionada con las instalaciones, incluidos los edificios y la infraestructura.
ISO 19650-1:2018	Describe los conceptos y principios para la gestión de la información en una etapa de madurez descrita como "modelado de información de construcción (BIM) de acuerdo con la serie ISO 19650
ISO 19650-2:2018	Especifica los requisitos para la gestión de la información, en forma de un proceso de gestión, en el contexto de la fase de entrega de activos y los intercambios de información dentro de él, utilizando el modelado de información de construcción.
BS 1192:2007	Crea un método adecuado, disciplinado y colaborativo para gestionar la producción, distribución y calidad de la información de construcción y de los sistemas CAD.
Guía BIM Singapur	Da claridad sobre los requisitos del uso de la metodología BIM en diferentes etapas del proyecto.
IBC	Facilita el uso coordinado del modelado de información de construcción (BIM) en el diseño, construcción y gestión del entorno construido

	<p>canadiense. Sus organizaciones socias fundadoras representan sectores específicos de la industria que tienen un gran interés en que BIM se implemente de una manera y a un ritmo que permita a los principales interesados comprender sus roles y responsabilidades y evaluar su capacidad para participar en este proceso.</p>
BIMK	<p>Es una biblioteca de objetos BIM gratuita de próxima generación donde arquitectos, ingenieros, contratistas, diseñadores de interiores y propietarios pueden encontrar productos reales de marcas reales.</p>
NATSPEC	<p>Es un documento de referencia que define roles y responsabilidades, colaboración, procedimientos, software aprobado, requisitos de modelado, entregables digitales y estándar de documentación. Documenta una variedad de usos posibles para BIM en proyectos en Australia.</p>

**ANEXO 2: Rutina de exportación de datos de Revit a Excel**

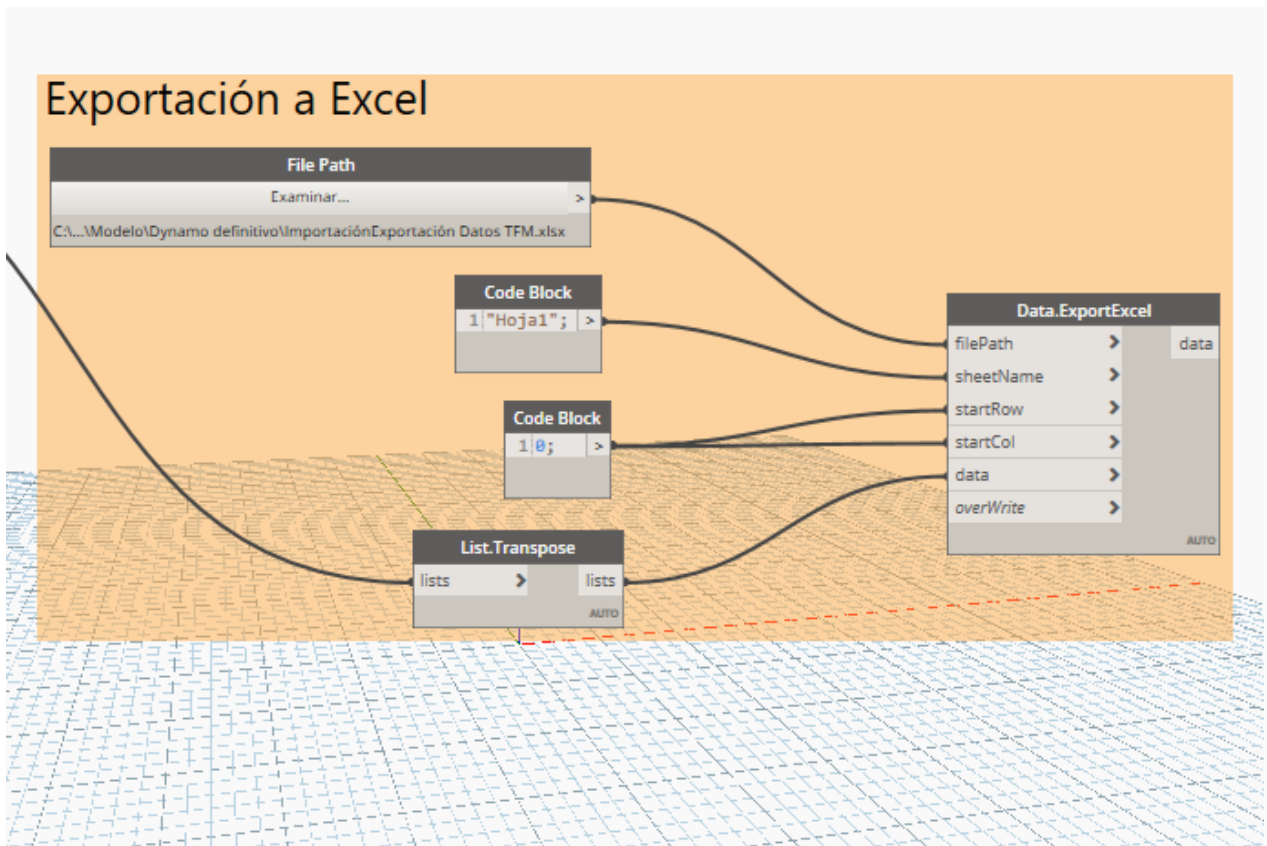












### ANEXO 3: RUTINA DE IMPORTACIÓN DE DATOS DESDE EXCEL A REVIT

