

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**



**Modelado BIM aplicado en la Restauración y Conservación de edificios patrimoniales de
la ciudad de Sucre. Caso de estudio: Ex Seminario San Cristóbal**

**TRABAJO EN OPCIÓN AL DIPLOMADO EN BIM MODELADO Y GESTIÓN DE
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS, MODALIDAD VIRTUAL VERSIÓN I**

GUTIERREZ HERRERA LUIS FERNANDO

SUCRE, JUNIO DE 2024

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del **DIPLOMADO EN BIM MODELADO Y GESTIÓN DE PROYECTOS CONSTRUCTIVOS, MODALIDAD VIRTUAL VERSIÓN I** de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo u documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificias de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.



GUTIERREZ HERRERA LUIS FERNANDO
Firma del o la Cursante

Lugar, Sucre, abril de 2024

Contenido

INTRODUCCION.....	1
1.- Antecedentes y Justificación	2
2.- Situación Problemática.....	2
3.- Formulación del Problema de investigación o pregunta científica	3
4.- Objetivo General	3
5.- Objetivos Específicos.....	3
6.- Diseño Metodológico	4
CAPITULO I	6
1. Marco contextual y teórico	6
1.1 Antecedentes de la investigación.	6
1.1.1 Base Legal.	10
1.1.2 Normativa Internacional	10
1.1.3 Normativa Nacional.....	11
1.1.4 Principales Teorías que abordan la temática	11
1.2 Marco contextual	12
1.2.1 Descripción del contexto socioeconómico y cultural en el que se realiza la investigación.....	12
1.2.2. Contexto institucional.	13
CAPÍTULO II.....	14
2 DIAGNÓSTICO.....	14
2.1 Situación actual del Proyecto.....	14
2.2 Protocolo estandarizado para implementación BIM.....	14
2.3. Protocolo estandarizado	20
2.4. Modelado 3d	20

2.5. Criterios de intervención.....	21
2.6. Riesgos para bienes culturales	22
2.7. Incidencias y Soluciones.....	23
CAPÍTULO III	24
3 PROPUESTA	24
3.1 Desarrollo.....	24
3.2 Proceso.....	24
3.3 Conclusiones	30
3.4 Recomendaciones	31
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

INTRODUCCION

La conservación y restauración del patrimonio arquitectónico es crucial para preservar la identidad cultural y la historia de una ciudad. Sucre, una ciudad con un rico patrimonio arquitectónico, la restauración y conservación de edificios antiguos y monumentos históricos son prioridades, esta práctica no solo preserva la historia y la identidad de la ciudad, sino que también impulsa su desarrollo socioeconómico. La universidad es un ejemplo de cómo la conservación adaptativa puede satisfacer las necesidades contemporáneas manteniendo el respeto por el legado del pasado. Este enfoque no solo revitaliza los espacios urbanos, sino que también ofrece a la comunidad nuevas oportunidades de aprendizaje y crecimiento. Al estudiar casos específicos como este (Universidad Católica), se pueden explorar las diversas estrategias de intervención y su impacto en la vida de la ciudad, asegurando que la restauración sea sostenible y beneficie tanto al patrimonio como a sus habitantes.

1.- Antecedentes y Justificación

El modelado de información para la construcción (BIM) representa una revolución en la restauración y conservación de edificios patrimoniales, como es el caso del Ex Seminario San Cristóbal en Sucre, un lugar que destaca por su rica historia y su valioso legado cultural. Esta metodología permite una gestión integral del proyecto, donde cada detalle del edificio puede ser capturado digitalmente, permitiendo así una mejor planificación y ejecución de las obras de restauración.

El modelado BIM representa una herramienta revolucionaria en la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico, permitiendo una planificación detallada y una gestión eficiente de los recursos.

En el contexto de la re funcionalización del Ex Seminario San Cristóbal para la Universidad Católica en Sucre, el BIM puede facilitar la integración de nuevas funciones en un espacio histórico, respetando su valor cultural y estructural. La implementación de BIM en proyectos de restauración, como se ha visto en casos emblemáticos como Notre-Dame donde resalta la importancia de la tecnología digital en la conservación del patrimonio arquitectónico.

(Marketing MCAD-2023), no solo optimiza el proceso de conservación, sino que también contribuye a la difusión cultural y educativa del patrimonio.

Además, el uso de BIM en la re funcionalización de edificios históricos puede tener un efecto multiplicador en la comunidad, al promover la participación y el interés público en la preservación del legado arquitectónico. La factibilidad económica de tales proyectos en Sucre debe considerar la sostenibilidad a largo plazo y el impacto social, cultural y educativo, más allá de la viabilidad financiera inmediata. Este enfoque integral asegura que la inversión en patrimonio no solo preserve la historia, sino que también fomente el desarrollo y la innovación en la región.

2.- Situación Problemática

En el contexto de la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico utilizando el modelado BIM, se identifican varias problemáticas.

Las técnicas tradicionales de documentación y planificación son insuficientes para capturar la complejidad de estructuras históricas, lo que lleva a una representación inexacta de la

arquitectura patrimonial y falta de actualización de estas técnicas tradicionales puede resultar en la pérdida de información valiosa sobre el estado actual de las estructuras.

El deterioro causado por factores ambientales, como la contaminación o el clima, requiere análisis especializados para determinar las intervenciones más apropiadas que no comprometan la estructura o el valor histórico del edificio.

La necesidad de equilibrar la conservación material con la preservación de los valores artísticos, históricos o simbólicos del patrimonio puede generar debates y decisiones complejas en el proceso de restauración.

La poca colaboración interdisciplinaria siendo crucial para abordar estos problemas, combinando conocimientos de arquitectura, historia, arqueología y conservación para desarrollar soluciones integrales y respetuosas con el patrimonio.

Estos problemas resaltan la necesidad de desarrollar enfoques más integrados y tecnológicamente avanzados para la gestión del patrimonio arquitectónico.

3.- Formulación del Problema de investigación o pregunta científica

¿Cómo pueden las técnicas avanzadas de modelado BIM mejorar la documentación, planificación y colaboración en proyectos de restauración y conservación del patrimonio arquitectónico, superando las limitaciones de las metodologías tradicionales y fomentando la integración efectiva de la metodología BIM en las estructuras históricas de Sucre?

4.- Objetivo General

Realizar el Modelado BIM aplicado en la Restauración de conservación del edificio patrimonial del Ex seminario San Cristóbal de la ciudad de Sucre, a través de la incorporación e integración de esta metodología en la mejora de documentación, con la finalidad de establecer protocolos estandarizados de mejora en la administración eficaz.

5.- Objetivos Específicos

- Determinar las cualidades de las técnicas de documentación tradicionales en la conservación del patrimonio arquitectónico mediante el análisis de la información de técnicas existentes al respecto para determinar las áreas específicas donde el modelado BIM podría ofrecer mejoras significativas.
- Justificar un protocolo estandarizado para la implementación del modelado BIM en la restauración del patrimonio arquitectónico, a través de la revisión bibliográfica de

aplicación BIM en contextos similares para asegurar la captura detallada y precisa de la complejidad estructural histórica.

- Establecer una base de datos colaborativa a través del caso de estudio modelando el equipamiento para mayor comprensión, mediante métodos constructivos y uso de materiales para documentar y gestionar la información del patrimonio arquitectónico, facilitando la colaboración y el intercambio de datos entre los profesionales involucrados.

6.- Diseño Metodológico

Se usarán los siguientes métodos y técnicas.

1.6.1 Métodos Teóricos

Método deductivo. - Se aplicará como análisis y el diagnóstico de la situación actual.

Método descriptivo. - Permitirá explicar con detalle el marco contextual, el análisis y el diagnóstico del problema a resolver.

Método comparativo. - Facilitará el estudio y el análisis de modelos similares y teóricos que servirán de referencia para elaborar el diseño del proyecto.

Método explicativo. - Se utilizará para el desarrollo del proyecto.

1.6.2 Métodos Empíricos.

Método de observación directa. - Para obtener información relevante a partir de los lugares donde se producen los hechos relacionados con la investigación.

Método bibliográfico. - Proporcionará un sustento teórico a partir de la consulta de diferentes medios de información, como documentos, periódicos, libros, revistas, etc.

1.6.3 Técnicas de Investigación.

Documentales. - Que incluyen la revisión de videos, libros, revistas, periódicos, fuentes de internet, entre otros.

Estadísticas. - Que consisten en el cálculo a partir de datos para obtener información cuantitativa para etapas como el análisis y el programa, basándose en datos de población y densidad.

Modelado BIM aplicado en la Restauración y Conservación de edificios patrimoniales de la ciudad de Sucre. Caso de estudio: Ex Seminario San Cristóbal			
Realizar la adopción de un modelo metodológico que incorpore la tecnología BIM en la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico que transformará las prácticas convencionales, para establecer protocolos estandarizados para una administración eficaz de la información.			
OBJETIVOS	PROCEDIMIENTO	MEDIOS	CRONOGRAMA
Identificar las cualidades de las técnicas de documentación tradicionales en la conservación del patrimonio arquitectónico para determinar las áreas específicas donde el modelado BIM podría ofrecer mejoras significativas.	mediante el análisis de la información de técnicas existentes al respecto	Apoyado e técnicas de observación directa y planos del caso de estudio	Del 21 de mayo al 30 de mayo
Establecer un protocolo estandarizado para la implementación del modelado BIM en la restauración del patrimonio arquitectónico para asegurar la captura detallada y precisa de la complejidad estructural histórica.	a través de la revisión bibliográfica de aplicación BIM en contextos similares	Apoyado en la revisión de documentación	Del 30 de mayo al 12 de junio
Establecer una base de datos colaborativa que utilice el modelado BIM del edificio ex seminario san cristobal para documentar y gestionar la información del patrimonio arquitectónico, facilitando así la colaboración y el intercambio de datos entre los diferentes profesionales involucrados	mediante el método estadístico de métodos constructivos y uso de materiales	Apoyado en el caso de estudio	Del 12 de junio al 26 de junio

Imagen N°1 Cuadro resumen de diseño metodológico – Fuente: Elaboración propia

CAPITULO I

1. Marco contextual y teórico

1.1 Antecedentes de la investigación.

La característica principal del documento es la preservación de edificios históricos siendo una tarea que combina respeto por el pasado y la aplicación de tecnologías del futuro. Bajo esta premisa, se realizó la búsqueda de trabajos de investigación que analizan el proceso de creación BIM en el ámbito de edificios históricos considerando el uso eficaz y evolución del software como una herramienta revolucionaria, ofreciendo nuevas posibilidades para documentar, analizar y gestionar la información patrimonial con precisión y eficiencia.

- *"Reflexiones y criterios relativos a la creación de modelos BIM de edificios históricos"*
- *"Significación e importancia de la investigación histórica como parte metodológica en la elaboración del proyecto de restauración arquitectónica en Bolivia."*

El primer proyecto a nivel internacional es una iniciativa fascinante que busca integrar la secuencia temporal y las características constructivas de edificios históricos, utilizando como modelo la Real Colegiata de San Isidoro en León, España. Este enfoque multidimensional no solo mejora la precisión geométrica de los modelos, sino que también enriquece los datos, lo que es crucial para la conservación del patrimonio cultural. La Real Colegiata de San Isidoro es un ejemplo emblemático del románico europeo y ha sido objeto de estudios que proponen métodos innovadores para la gestión del patrimonio histórico. Estos estudios abogan por un nuevo flujo de trabajo que incorpore tanto la secuencia temporal como las características constructivas de los edificios históricos. La implementación de tales métodos podría revolucionar la forma en que entendemos y preservamos nuestra historia arquitectónica, proporcionando una visión más completa y detallada de estructuras que han resistido la prueba del tiempo.

El segundo proyecto a nivel nacional es una tesis que remarca la importancia la conservación del bien inmueble en Bolivia, tomando como caso de estudio del Muso Nacional del arte destacan la importancia de establecer parámetros adecuados para su aplicación efectiva. Tomando en cuenta el patrimonio cultural y destacando la importancia de establecer parámetros adecuados para su aplicación efectiva.

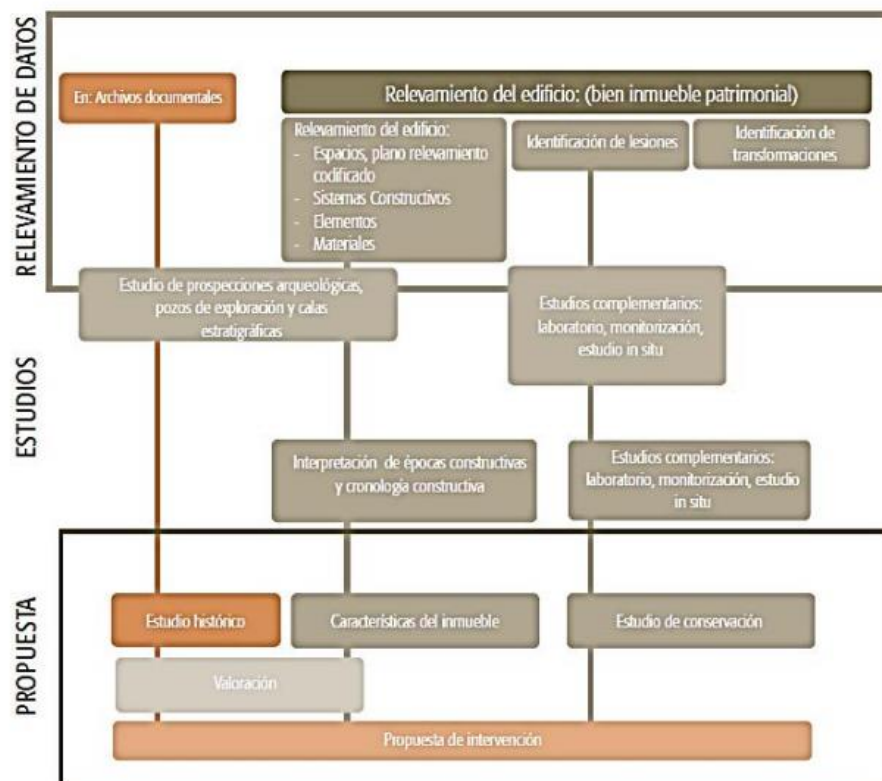


Imagen N°4 Gráfico de metodología de elaboración de un proyecto de restauración – Fuente: Sistema Nacional de gestión del patrimonio cultural boliviano.

PROYECTOS ARQUITECTONICOS UNIDAD DE MONUMENTOS Y SITIOS

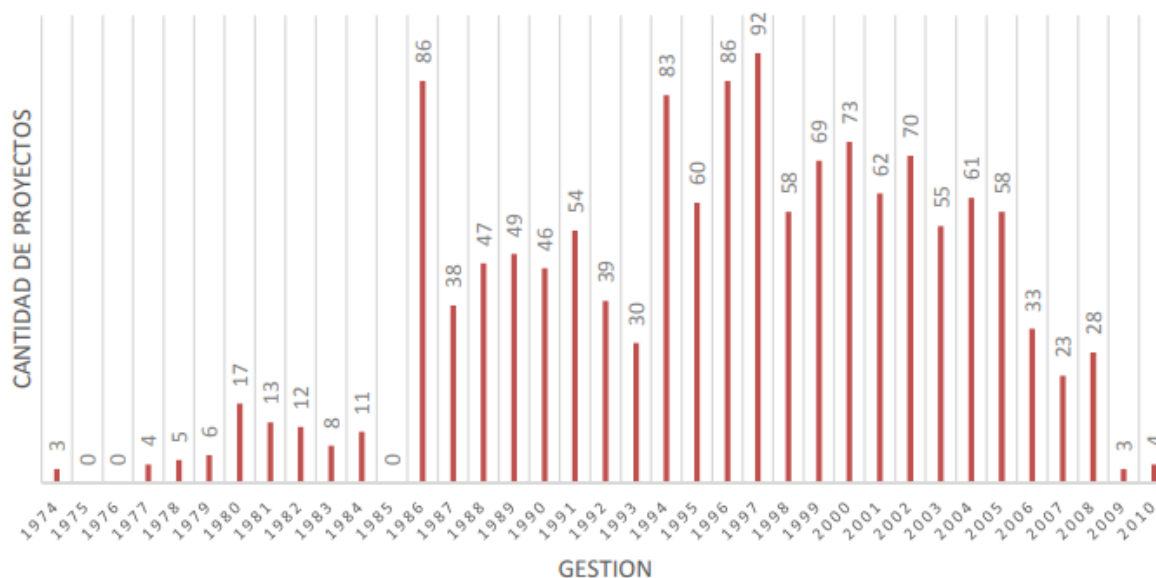


Imagen N°5 Gráfico estadístico de proyectos de arquitectura – Fuente: UMSHBC

Así, se establece un puente entre la tradición arquitectónica y la innovación tecnológica, subrayando la importancia de la investigación continua para un manejo adecuado y eficaz del legado histórico construido.

Las técnicas de documentación tradicionales juegan un papel crucial en la conservación del patrimonio arquitectónico en Bolivia, proporcionando una base sólida para el mantenimiento y la restauración de estas estructuras históricas. Estas técnicas incluyen el dibujo a mano alzada, la radiación topográfica y el registro gráfico, que permiten capturar los detalles y las características únicas de los edificios con precisión y cuidado.

Además, la utilización de materiales tradicionales como la piedra, la madera y el ladrillo en los procesos de restauración ayuda a mantener la autenticidad y la integridad del patrimonio arquitectónico, asegurando intervenciones que respetan la historia y la cultura local. La elección entre técnicas tradicionales e innovadoras debe considerar siempre la menor invasión posible y la compatibilidad con los valores del patrimonio cultural, garantizando así la seguridad y la perdurabilidad de las edificaciones históricas.

La guía modelo, desarrollada por el Ministerio de Culturas y Turismo para la Presentación de Proyectos de Intervención en el Patrimonio Edificado es un paso importante hacia la preservación del patrimonio cultural. Sin embargo, la valoración histórica es un aspecto crucial que debe ser abordado con mayor profundidad para garantizar intervenciones respetuosas y adecuadas. La falta de homogeneidad en los proyectos presentados refleja la necesidad de un marco más riguroso que asegure la calidad y el detalle en la investigación histórica, lo cual es esencial para la protección y el entendimiento del patrimonio de Bolivia.

1.1.1 Base Legal.

Dentro la base legal es necesario hacer un análisis general y específico de la normativa nacional e internacional.

1.1.2 Normativa Internacional

La preservación del patrimonio cultural y natural es un campo que ha evolucionado significativamente a lo largo del siglo XX, marcado por la creación de numerosos documentos normativos. Estos textos han establecido principios fundamentales para la intervención y conservación, subrayando la importancia de un enfoque multidisciplinario y métodos de investigación no destructivos. La documentación y el acceso público a los hallazgos son esenciales para garantizar la transparencia y la continuidad del conocimiento. A medida que avanzamos, es crucial revisar y actualizar estas directrices para adaptarlas a los nuevos desafíos y tecnologías en el campo de la conservación.

La base legal para el modelado BIM aplicado en la restauración y conservación de edificios patrimoniales, se fundamenta en la necesidad de preservar el valor histórico y cultural de estas estructuras. Al igual que en los procesos de adjudicación de obras públicas, donde el presupuesto general se rige por normativas específicas que garantizan la transparencia y la adecuada asignación de recursos, el modelado BIM en proyectos de patrimonio debe adherirse a regulaciones que aseguren la protección y el manejo correcto del patrimonio. Estas normativas pueden incluir directrices sobre la precisión del modelado, la documentación histórica requerida, y los métodos de intervención permitidos para conservar la integridad estructural y estética del edificio. Además, el uso de BIM en la restauración patrimonial permite la creación de bases de datos detalladas que facilitan la gestión y el mantenimiento a

largo plazo, asegurando que las futuras generaciones puedan disfrutar y aprender de estos monumentos históricos.

1.1.3 Normativa Nacional

la Ley N° 530, de fecha el 23 de mayo de 2014

Es fundamental para la protección, conservación y restauración del patrimonio cultural, incluyendo edificios históricos como el Ex Seminario San Cristóbal en Sucre. Esta ley establece políticas públicas para la clasificación, registro, protección y salvaguardia del patrimonio cultural del país. Además, la Ley 1220, complementa y modifica ciertos aspectos de la Ley N° 530, encargando al Ministerio de Culturas y Turismo la elaboración de la reglamentación necesaria para su aplicación. Estas leyes son cruciales para el modelado BIM en proyectos de restauración patrimonial, ya que proporcionan un marco legal para asegurar que las intervenciones respeten la integridad y el valor histórico de los edificios, promoviendo al mismo tiempo su conservación para las futuras generaciones.

Ley de Monumento Nacional de 1927

Normativa que declara Monumentos Nacionales por sus méritos artísticos arqueológicos que representan un valor de arte o tradición.

Decreto supremo de 15 de abril de 1930

Las obras declaradas monumento nacional no podrán retocarse ni restaurarse sin permiso de la Dirección General de Bellas Artes.

Decreto Supremo N° 05918 de 1961

Normas complementarias sobre patrimonio artístico, histórico, arqueológico y monumental
Se ratifica lo establecido en la Constitución Política del Estado con relación a la protección del Estado, específicamente en relación con la protección y conservación de los edificios y objetos declarados monumentos nacionales, o aquellos considerados de valor o interés histórico, artístico o arqueológico.

También indica que la Dirección Nacional de Cultura deberá asesorar en materia de conservación, reparación o cuidado de los inmuebles declarados monumento nacional.

1.1.4 Principales Teorías que abordan la temática

El modelado BIM para la restauración y conservación del patrimonio arquitectónico son diversas y multidisciplinarias, reflejando la complejidad y la riqueza del campo. Una de estas

teorías es el BIM, que se centra en la digitalización y gestión de información detallada sobre la construcción, uso y evolución de edificios patrimoniales a lo largo del tiempo. Esta metodología permite una comprensión profunda de las estructuras históricas y facilita su conservación mediante la creación de modelos digitales precisos guiándonos de la *"Guía de Presentación de Proyectos de Restauración de Bienes Inmuebles"* es un documento técnico esencial que proporciona una metodología estandarizada para la restauración arquitectónica en Bolivia. Desarrollada por la Unidad de Monumentos, Sitios Históricos y Bienes Culturales, esta guía es el resultado de un meticuloso trabajo que busca preservar el patrimonio cultural del país, asegurando que los proyectos de restauración cumplan con las normativas nacionales. Además, destaca la importancia de contar con un equipo de profesionales especializados, liderados por un arquitecto restaurador, para garantizar la integridad y los valores de los bienes inmuebles patrimoniales.

Otra teoría relevante es la propuesta por Carlos Alberto Torres Montes de Oca, que enfatiza un enfoque sistémico e interdisciplinario en la conservación y restauración de edificios históricos. Este enfoque considera no solo los aspectos físicos de los edificios sino también su contexto histórico, cultural y social, proporcionando una base más holística para la restauración. Además, existen estrategias de modelado patrimonial en BIM que aplican la lectura estratigráfica del muro de fachada, como se ha demostrado en la catedral de Sevilla. Estas estrategias permiten analizar los Niveles de Conocimiento que cada elemento arquitectónico puede proporcionar, lo cual es crucial para la toma de decisiones informadas en la conservación.

La tecnología BIM también se aplica en un proceso multidisciplinario que involucra a profesionales con diversas habilidades, adaptándose a todos los aspectos del patrimonio, incluyendo la arqueología, el diseño, la construcción y la gestión del paisaje. Esta adaptabilidad demuestra la versatilidad del BIM y su capacidad para abordar las necesidades específicas de cada proyecto de conservación.

1.2 Marco contextual

1.2.1 Descripción del contexto socioeconómico y cultural en el que se realiza la investigación

El ámbito de la construcción en Sucre, al igual que en otros lugares, abarca una diversidad de perspectivas tanto públicas como privadas. Es esencial establecer un marco de referencia que guíe estas actividades, asegurando que se lleven a cabo bajo parámetros comunes. Esto incluye prácticas laborales uniformes adaptadas al contexto geográfico específico de Sucre, con sus particulares condiciones climáticas, sociales, ambientales y económicas. En el caso del Modelado de Información de Construcción (BIM) aplicado a la restauración y conservación de edificios patrimoniales, como el Ex Seminario San Cristóbal, es crucial identificar y comprender el contexto físico que rodea estos monumentos históricos. Esto permite una investigación más precisa y ajustada a la realidad local, facilitando la preservación de la riqueza arquitectónica de la ciudad en armonía con su entorno y su comunidad.

1.2.2. Contexto institucional.

La conservación del patrimonio arquitectónico es una tarea de gran importancia debido al reconocimiento de la ciudad como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO. La Dirección de Patrimonio Histórico de la Municipalidad de Sucre, creada en 1994, es la entidad encargada de controlar y velar por la conservación y restauración del área patrimonial. Además, el Plan de Rehabilitación de las Áreas Históricas de Sucre (PRAHS), establecido en 1996, funciona con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para gestionar el valioso patrimonio cultural de la ciudad. Estas instituciones, junto con la Escuela Taller y otras entidades locales, desempeñan un papel crucial en la refacción y mantenimiento de los edificios patrimoniales, asegurando que la rica herencia arquitectónica de Sucre se preserve para las futuras generaciones. Por otro lado, el personal del gobierno autónomo municipal de Sucre, como actores secundarios, juega un papel crucial en la gestión y conservación de estas estructuras. La inclusión de leyes, decretos, reglamentos y otros documentos como población documental refuerza la importancia de un marco legal sólido para la protección del patrimonio. Este enfoque integral no solo preserva la historia y la cultura, sino que también informa y guía las prácticas contemporáneas en la conservación arquitectónica.

CAPÍTULO II

2 DIAGNÓSTICO

2.1 Situación actual del Proyecto

La restauración y conservación de edificios patrimoniales en la ciudad de Sucre, sin el uso de Modelado de Información de Construcción BIM, presenta desafíos significativos. El proyecto del Ex Seminario San Cristóbal es un ejemplo de cómo las técnicas tradicionales no reflejan los planos con la realidad y el poco mantenimiento y actualización de los mismos en diferentes proyectos siendo fundamentales en la preservación de la riqueza histórica. A pesar de los avances tecnológicos, la falta de recursos y la necesidad de preservar la autenticidad de los edificios requieren un enfoque meticuloso y especializado que respete su valor cultural y arquitectónico.

La situación actual de la aplicación del uso de tecnología BIM en la arquitectura de Sucre es un tema de gran relevancia, especialmente para establecer un protocolo estandarizado para la implementación del modelado BIM y los beneficios sociales que esta puede aportar. La tecnología BIM, al integrar información espacial, temporal y de costos, permite una gestión más eficiente de los proyectos de construcción y arquitectura, el uso de BIM en la restauración y conservación de edificios patrimoniales, como el caso del Ex Seminario San Cristóbal, es particularmente valioso. Permite documentar con precisión las características históricas y arquitectónicas, facilitando así las intervenciones de conservación y restauración con un enfoque respetuoso hacia el patrimonio. Los métodos de estudio mixtos, que combinan enfoques cuantitativos y cualitativos, son fundamentales para abordar la complejidad de estos proyectos, permitiendo un análisis más completo y una toma de decisiones informada. Así, la implementación de BIM en la arquitectura de Sucre no solo promueve la preservación del legado cultural, sino que también impulsa la innovación y la sostenibilidad en la industria de la construcción local.

2.2 Protocolo estandarizado para implementación BIM

Para crear un protocolo estandarizado de modelado BIM en la restauración de patrimonio arquitectónico, es fundamental iniciar con la definición de objetivos claros que guíen todas las fases del proyecto. Esto incluye la identificación de las necesidades específicas del patrimonio a restaurar y la adaptación de las herramientas BIM para satisfacer dichas necesidades. Se

debe establecer una metodología que detalle los procesos de documentación, análisis, diseño y conservación, asegurando que el protocolo sea aplicable a diferentes tipos de edificaciones históricas. La colaboración multidisciplinaria es clave, involucrando a arquitectos, historiadores, ingenieros y conservacionistas desde el inicio para que el protocolo abarque todas las perspectivas necesarias. Además, es crucial incorporar estándares internacionales de conservación del patrimonio y tecnologías de modelado avanzadas para garantizar la precisión y la calidad del trabajo de restauración. El protocolo debe revisarse y actualizarse periódicamente para reflejar los avances en las técnicas de restauración y modelado BIM y responder a los cambios en las regulaciones de patrimonio cultural.

- Población.

La consideración de estructuras arquitectónicas patrimoniales como parte de la población en métodos constructivos es un enfoque multidisciplinario que valora la autenticidad y la integridad histórica de edificaciones significativas. Las iglesias y edificaciones representativas, como actores primarios, son esenciales para comprender la evolución de las técnicas constructivas y la identidad cultural de una región. Al realizar un análisis de los edificios más representativos, se pueden considerar obras de la arquitectura patrimonial que han marcado un hito en la historia.

Entre los edificios emblemáticos se encuentra el caso de estudio del Ex Seminario San Cristóbal siendo unos de los colegios más antiguos de Bolivia y ahora se realizaron adaptaciones para funcionar como la universidad católica.

La Casa de la Libertad, donde se firmó el acta de independencia de Bolivia, mostrando una fachada reformulada hacia 1975 que refleja un afrancesamiento de los inmuebles en el siglo XIX.

- La Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, una de las más antiguas de América, ha sido un centro de difusión de nuevas tecnologías y estilos arquitectónicos en la ciudad.
- El centro histórico alberga iglesias significativas como San Lázaro, San Francisco y Santo Domingo, que son ejemplos de la arquitectura religiosa de la época colonial.
- La modernidad ha traído consigo desafíos para la preservación del patrimonio arquitectónico de Sucre, con nuevas construcciones que conviven con el conjunto urbano colonial.
- La antigua estación Aniceto Arce es ejemplo del estilo Art Déco en el centro de Sucre.

- Muestra

El muestreo de estructuras patrimoniales es un proceso crucial para la conservación y restauración del patrimonio cultural. Al seleccionar una muestra representativa de estructuras, los expertos pueden obtener información valiosa sobre las técnicas de construcción históricas, los materiales utilizados y las condiciones actuales de las edificaciones.

La gestión del patrimonio debe incluir un diagnóstico detallado de los problemas y un pronóstico sobre su evolución para evitar un alto porcentaje de probabilidades de fracaso en la conservación.

La valoración de la alteración de los materiales pétreos en edificaciones es compleja y requiere considerar numerosos aspectos interrelacionados para su cuantificación.

Las presiones urbanas, como el turismo mal gestionado, la complejidad de funciones terciarias y la política de preservación inadecuada, contribuyen a la degradación del patrimonio arquitectónico monumental.

Factores	Concepto	Porcentaje
Antrópicos	Incluyen la acción humana directa sobre el patrimonio, como el turismo mal gestionado y la política de preservación inadecuada.	30%
Físicos	Se refieren a los efectos del clima y los desastres naturales, como terremotos.	25%
Biológicos	Incluyen el deterioro por organismos vivos, como el moho y las plantas.	20%
Mecánicos	Relacionados con el desgaste debido al uso y al paso del tiempo.	25%

Cuadro N°1 tabla de degradación - Fuente: Elaboración Propia.

Se adjuntan imágenes de muestras de degradación correspondientes al caso de estudio del ex seminario. Estas imágenes proporcionan una representación visual de los procesos de deterioro observados en el sitio investigado, permitiendo una mejor comprensión y análisis de los fenómenos estudiados.



Imagen N°6 Restauración en Fachado por degradación Física - Fuente: Elaboración Propia.



Imagen N°7 degradación Mecánica - Fuente: Elaboración Propia



Imagen N°8 tabla de degradación Antrópica - Fuente: Elaboración Propia.



Imagen N°9 tabla de degradación Biológica - Fuente: Elaboración Propia.

- Instrumentos

En la investigación, la elección de métodos de instrumentación es crucial y debe alinearse con el tipo de estudio y los objetivos planteados.

En este contexto, se empleará el modelado BIM con Revit para desarrollar la base de datos que sustentará los proyectos de restauración patrimonial. El uso de Revit permitirá crear modelos detallados y precisos que servirán como referencia fundamental en el análisis y la planificación de intervenciones arquitectónicas en estructuras históricas.

Se adjuntan imágenes que ilustran la aplicación de técnicas de documentación tradicionales tanto en el caso de estudio como en casos similares. Estas imágenes ofrecen ejemplos visuales de los métodos empleados para la recopilación y registro de datos, proporcionando una referencia visual fundamental para entender la metodología utilizada en el proceso de investigación.



Imagen N°10 Planos Incorrectos con lo Construido - Fuente: Caso de Estudio.

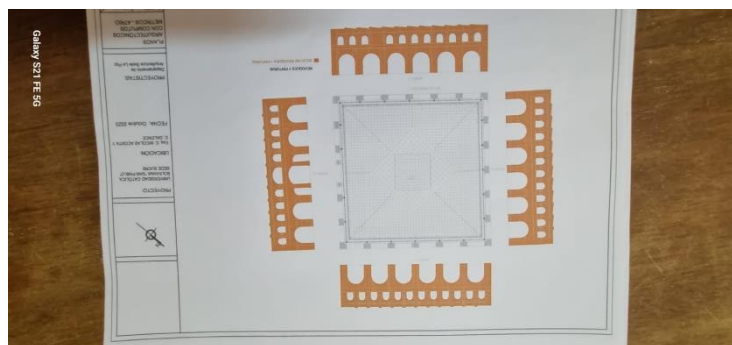


Imagen N°11 Información incompleta- Fuente: Caso de Estudio.



Imagen N°12 Daño en los Documentos - Fuente: Caso de Estudio.

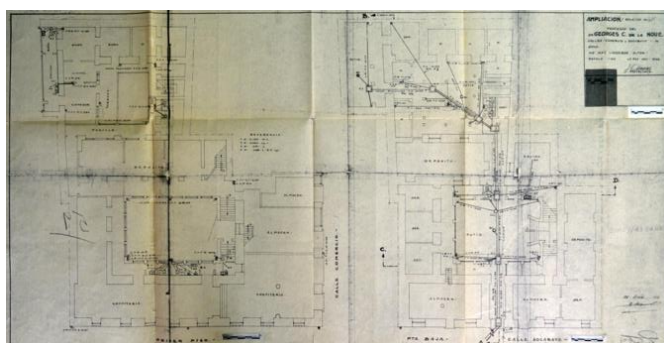


Imagen N°13 Ilegibilidad de referencias – Fuente: Museo Natural de Arte.

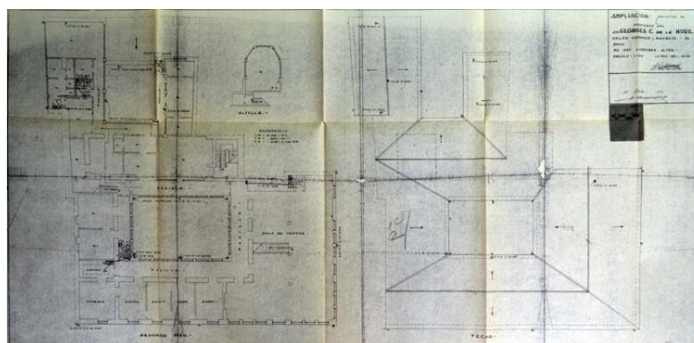


Imagen N°14 Deterioro de planos - Fuente: Museo Natural de Arte.

Además, se identifican áreas específicas donde el modelado BIM con Revit podría ofrecer mejoras significativas. Entre ellas se destacan la precisión en la representación tridimensional de estructuras históricas, la integración de datos multiescalar para análisis detallados y la facilitación de la gestión de información en proyectos complejos de restauración patrimonial.

2.3. Protocolo estandarizado

Como protocolo estandarizado, se considera 'la guía de BIM aplicado al patrimonio cultural', la cual establece que intervenir en el patrimonio cultural requiere un riguroso conocimiento previo del bien antes de tomar cualquier decisión. Por lo tanto, todo proceso debe comenzar con una investigación exhaustiva para alcanzar un nivel adecuado de comprensión, elaborar un diagnóstico preciso y, a partir de ahí, proponer las intervenciones necesarias.

Este protocolo se estructura en cuatro fases principales, aplicables en cualquier documento:

Fase 1: Definición de objetivos y planificación.

Fase 2: Análisis interdisciplinar.

Fase 3: Generación del modelo BIM.

Fase 4: Diagnóstico.

Cada fase contribuye a garantizar una intervención informada y meticulosa en el patrimonio cultural, asegurando que todas las decisiones estén respaldadas por un proceso de investigación riguroso y una adecuada aplicación de la metodología BIM.

2.4. Modelado 3d

El análisis de edificios patrimoniales con modelado 3D permite una comprensión detallada de su arquitectura y estructura, facilitando las tareas de conservación y restauración actualizando también las técnicas de documentación que se poseen siendo que en su gran mayoría de las edificaciones son imprecisas en la documentación de estos mismos.

Los modelos 3D de edificios históricos no solo sirven para la conservación, sino también como herramientas educativas y turísticas, ofreciendo una nueva dimensión para la apreciación del patrimonio.

Para desarrollar un modelo BIM de un edificio histórico, es crucial recopilar datos geométricos y materiales precisos, utilizando tecnologías como escáneres láser y fotogrametría.

- Planos arquitectónicos detallados de los distintos niveles, alzados y secciones.

- Fotografías de alta resolución que capturen las características y detalles del edificio.
- Escaneos láser para obtener nubes de puntos que proporcionen medidas precisas y la forma tridimensional del edificio.
- Medidas tomadas con herramientas tradicionales como metros, niveles topográficos, escuadras y plomadas.
- Datos obtenidos mediante fotogrametría para complementar y verificar la información recogida por otros medios.
- Materiales utilizados en la recopilación de datos para el modelado 3D:
 - Software especializado en BIM para la creación y gestión de representaciones digitales.
 - Equipos de escaneo láser y estaciones totales para mediciones precisas y detalladas.
 - Cámaras y drones para la fotogrametría aérea y terrestre, que permiten capturar la geometría compleja de los edificios.
 - Herramientas de software para el procesamiento de nubes de puntos y la creación de modelos 3D precisos.
 - Bases de datos para almacenar y gestionar la gran cantidad de información recopilada durante el levantamiento de datos.

2.5. Criterios de intervención

Los criterios de intervención son fundamentales para asegurar que las acciones llevadas a cabo sean efectivas y pertinentes.

Criterios de intervención

Metodología de Intervención	Las intervenciones en la conservación y restauración de bienes culturales deben seguir una metodología que asegure el respeto a los valores históricos y culturales de la sociedad.
Estudio Preliminar	Antes de cualquier intervención, es esencial realizar estudios patológicos, históricos, arqueológicos y de levantamiento de planos para obtener información crucial para la restauración.
Criterios Internacionales	Las técnicas y métodos aplicados deben estar en línea con los criterios internacionales de conservación y restauración, basados en años de experiencia profesional.

Enfoque Interdisciplinario	La apreciación de los valores culturales y la manera de preservarlos deben ser abordados desde una perspectiva profesional especializada e interdisciplinar.
Normativa de Protección	Las intervenciones deben cumplir con la normativa local e internacional de protección de bienes culturales, incluyendo conocimientos previos de las intervenciones y estudios arqueológicos.
Sostenibilidad	Se promueve la implementación de criterios de sostenibilidad en la conservación y restauración para contribuir al desarrollo de una cultura de sostenibilidad en el patrimonio cultural.
Documentación Rigurosa	Es fundamental la documentación detallada de las intervenciones de conservación-restauración, incluyendo diagnósticos, propuestas y procesos realizados.
Mínima Intervención	Se debe aplicar el principio de mínima intervención para preservar la autenticidad y la integridad del bien cultural.

Cuadro N°2 Criterios de intervención - Fuente: Elaboración Propia.

2.6. Riesgos para bienes culturales

Estos pasos se alinean con las metodologías sugeridas en guías especializadas en la gestión de riesgos para el patrimonio cultural.

Identificar las infraestructuras patrimoniales que se desean proteger.

Realizar un inventario detallado de los bienes, incluyendo su ubicación, estado de conservación y valor histórico-cultural

Determinar los posibles riesgos a los que están expuestos estos bienes, como desastres naturales, deterioro por el tiempo, vandalismo.

Evaluar la probabilidad y el impacto potencial de cada riesgo identificado.

Desarrollar estrategias de mitigación y planes de respuesta para cada riesgo, asignando responsabilidades y recursos necesarios.

Establecer un sistema de monitoreo y revisión periódica de la tabla de riesgos para actualizarla y mejorarla continuamente.

Cuadro N°3 Riesgos - Fuente: Elaboración Propia.

2.7. Incidencias y Soluciones

Identificación de problemas estructurales comunes en edificios patrimoniales, como fisuras, humedades o asentamientos.

Estrategias de diagnóstico, incluyendo la inspección visual y el uso de tecnologías como la termografía infrarroja.

Técnicas de restauración aplicadas, tales como inyecciones de consolidantes o refuerzos con fibras de carbono.

Casos de estudio donde se ha aplicado BIM en la conservación de estructuras patrimoniales, destacando la importancia de un enfoque interdisciplinario.

Recomendaciones de organismos internacionales como ICOMOS para la conservación y restauración de estructuras patrimoniales.

Cuadro N°4 Incidencias - Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III

3 PROPUESTA

3.1 Desarrollo

Tras realizar un diagnóstico y reconocer las técnicas de documentación y áreas aplicables, es crucial establecer un protocolo que sirva como guía colaborativa para la implementación del método seleccionado. Este protocolo debe detallar los pasos a seguir, definir claramente los roles y responsabilidades, y establecer los estándares de calidad y formatos a utilizar. La transparencia y la comunicación efectiva son fundamentales para asegurar que todos los participantes comprendan y contribuyan al proceso de manera eficiente. Así, se garantiza la coherencia y la calidad del trabajo colaborativo, facilitando su replicabilidad y la mejora continua.

3.2 Proceso

La selección de materiales es un aspecto vital, ya que deben ser compatibles con los métodos de conservación y las características históricas del edificio.

La creación de una base de datos robusta facilita la colaboración y el intercambio de información, permitiendo un acceso más fácil a los materiales, su manejo adecuado y su uso sostenible.

Piedra- Comúnmente utilizada en la construcción de edificios patrimoniales, la piedra es susceptible a la degradación por factores como la erosión, la cristalización de sales y el crecimiento de líquenes y musgos. La piedra puede sufrir deterioro debido a la absorción de agua y cambios de temperatura, lo que puede causar fisuras y desprendimiento de fragmentos.

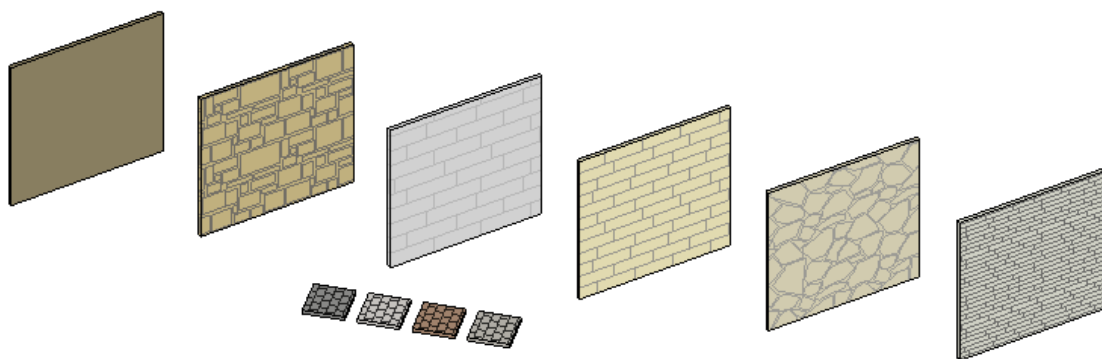


Imagen N°15 Tipos de piedra – Fuente: Elaboración Propia

Ladrillo- El ladrillo, otro material tradicional, enfrenta problemas similares a la piedra, incluyendo la erosión y daños por sales solubles. Además, la calidad del mortero utilizado en la albañilería es crucial para la durabilidad del ladrillo en condiciones ambientales adversas.

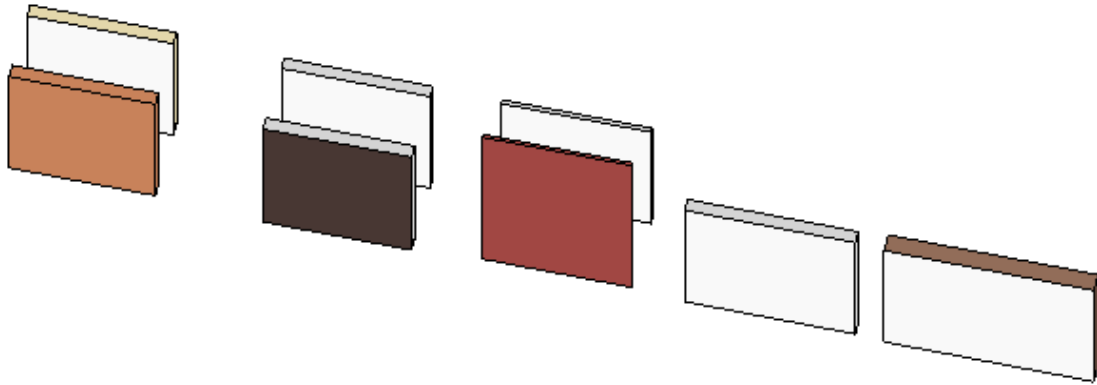


Imagen N°16 Tipos de Ladrillos – Fuente: Elaboración Propia

Madera- Utilizada en estructuras y detalles decorativos, la madera es propensa al ataque de insectos xilófagos, hongos y la putrefacción causada por la humedad. La exposición prolongada al sol y la lluvia puede provocar su deformación y pérdida de integridad estructural.

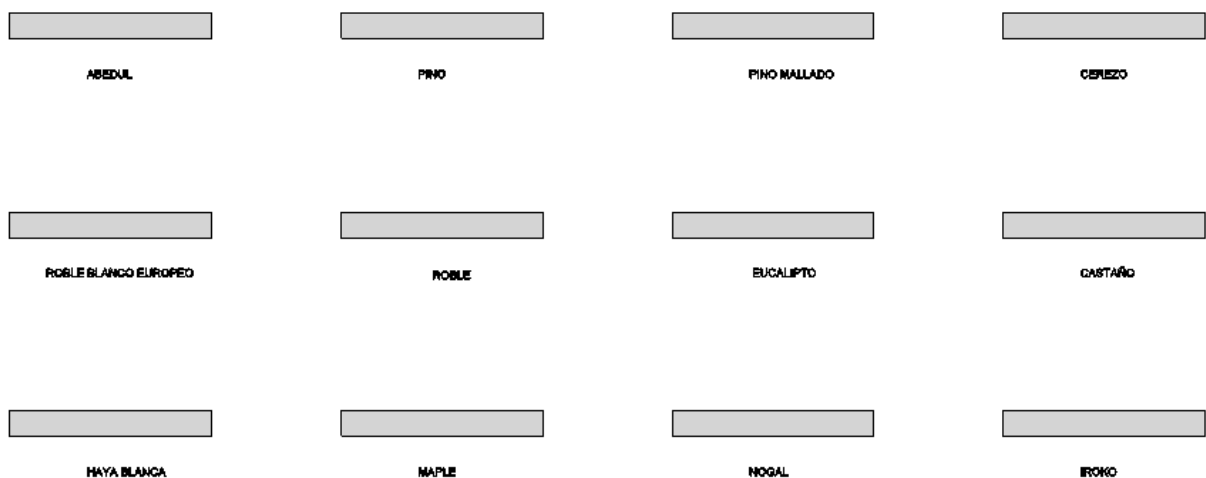


Imagen N°17 Tipos de Madera – Fuente: Elaboración Propia

Es importante considerar que la conservación de los materiales en la arquitectura patrimonial no solo depende de su resistencia intrínseca, sino también de un mantenimiento adecuado y de intervenciones de restauración respetuosas con los métodos y materiales originales.

El ex Seminario San Cristóbal, ubicado en Sucre representa no solo un edificio histórico de valor arquitectónico, sino también un testimonio vivo de la evolución cultural y religiosa de la región. Construido en 1595 ha experimentado diversos usos a lo largo de su historia, desde su función original como seminario hasta su transformación en la universidad católica. Sin embargo, con el paso del tiempo, el edificio sufrió degradación y pérdida de integridad estructural, poniendo en riesgo su supervivencia como patrimonio cultural.

Para abordar estos desafíos, se implementó una estrategia integral de restauración y conservación, apoyada por una base de datos específicamente diseñada para gestionar y analizar cada aspecto relevante del proceso. Esta base de datos no solo cataloga y documenta cada componente arquitectónico del edificio, desde los detalles ornamentales hasta las estructuras internas, sino que también registra los hallazgos arqueológicos y las intervenciones realizadas durante el proceso de restauración.

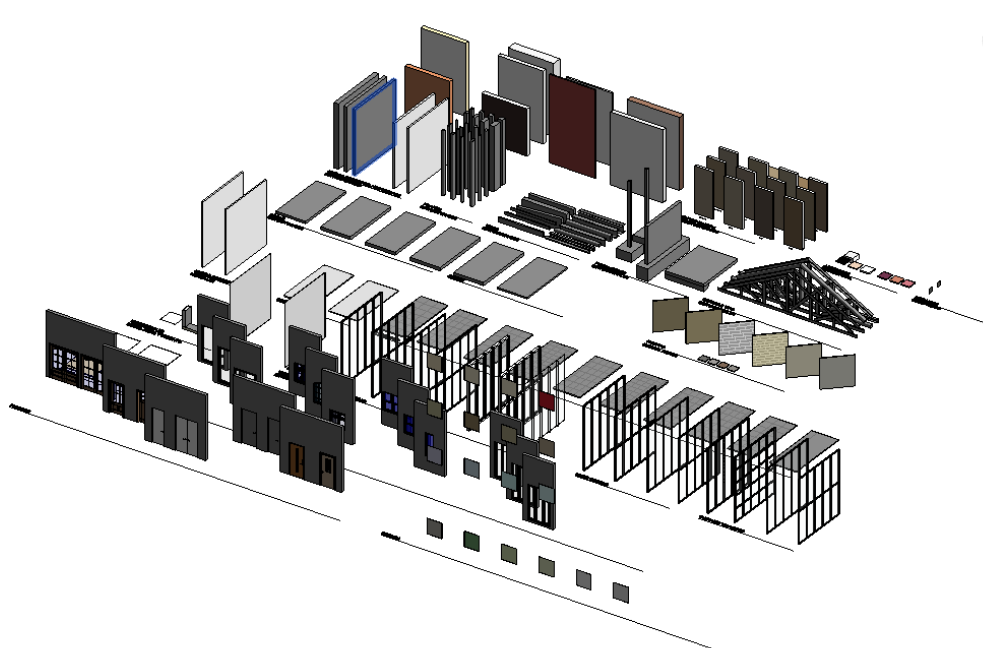


Imagen N°18 base de datos colaborativa – Fuente: Elaboración Propia

La utilización de esta base de datos BIM ha permitido acceder a información detallada y precisa en tiempo real, facilitando decisiones informadas sobre técnicas de intervención, materiales a emplear y métodos de preservación. Además, Sirve como herramienta colaborativa entre instituciones académicas, autoridades locales y la comunidad, fomentando un enfoque holístico y sostenible hacia la conservación del patrimonio.

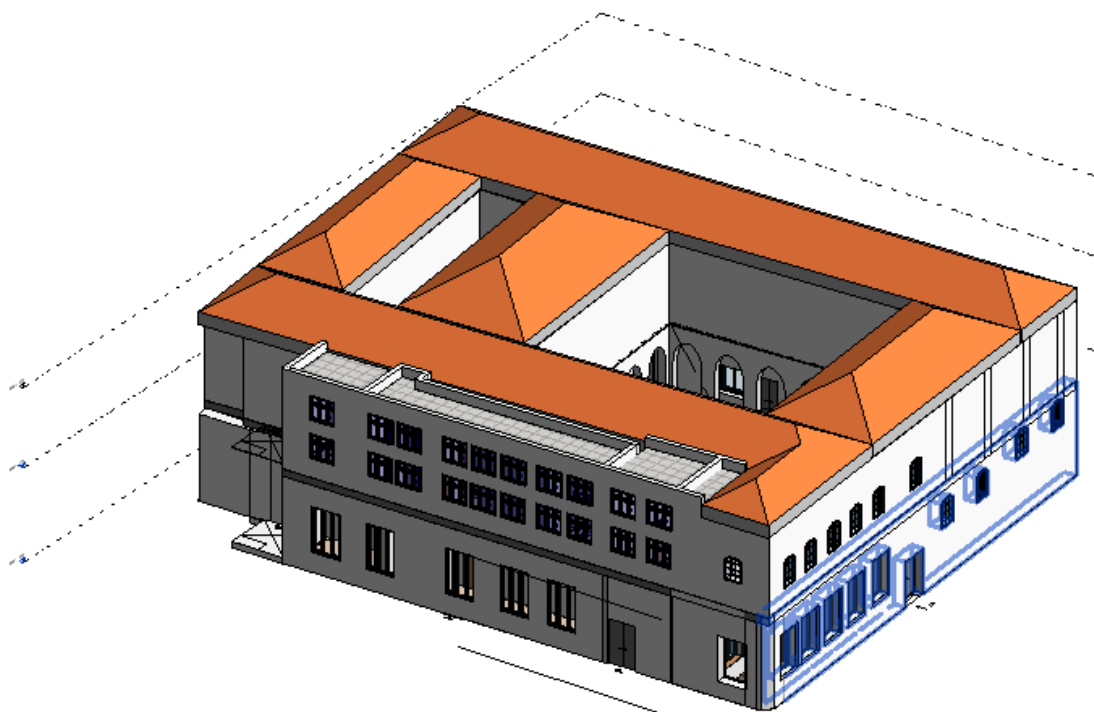


Imagen N°19 Modelado 3D del caso de estudio – Fuente: Elaboración Propia

La aplicación de Modelado BIM en la restauración de edificios patrimoniales es un paso adelante en la preservación de nuestro legado cultural. Permite una planificación más precisa, una mejor coordinación entre los profesionales involucrados y una gestión más efectiva de los recursos. Con la tecnología BIM, el Ex Seminario San Cristóbal no solo mantendrá su esencia histórica, sino que también será la base para proyectos futuros.

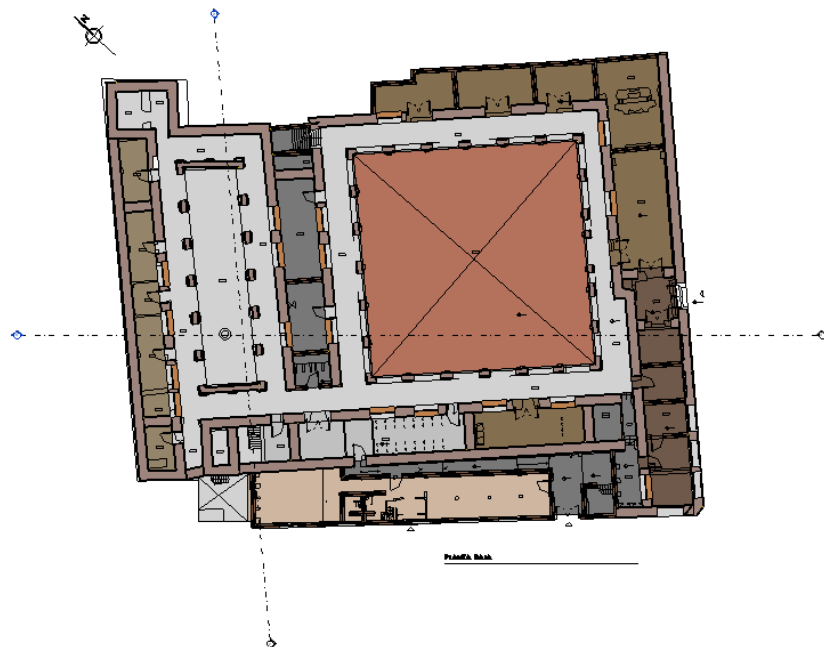


Imagen N°20 Plano planta baja – Fuente: Elaboración Propia

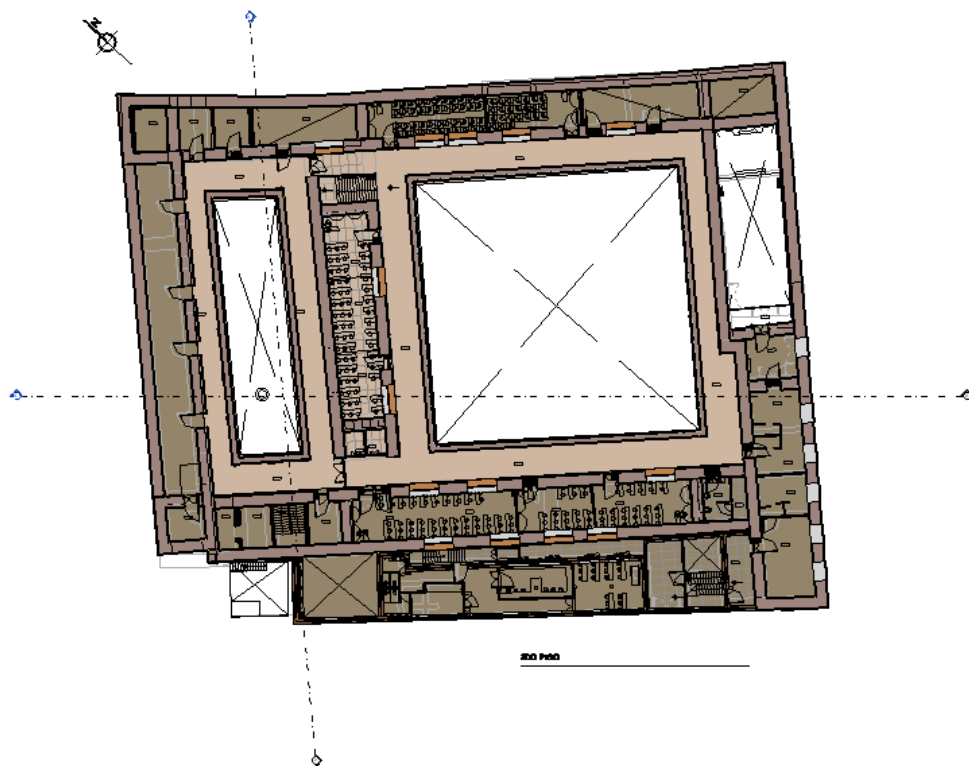


Imagen N°21 Plano planta alta – Fuente: Elaboración Propia

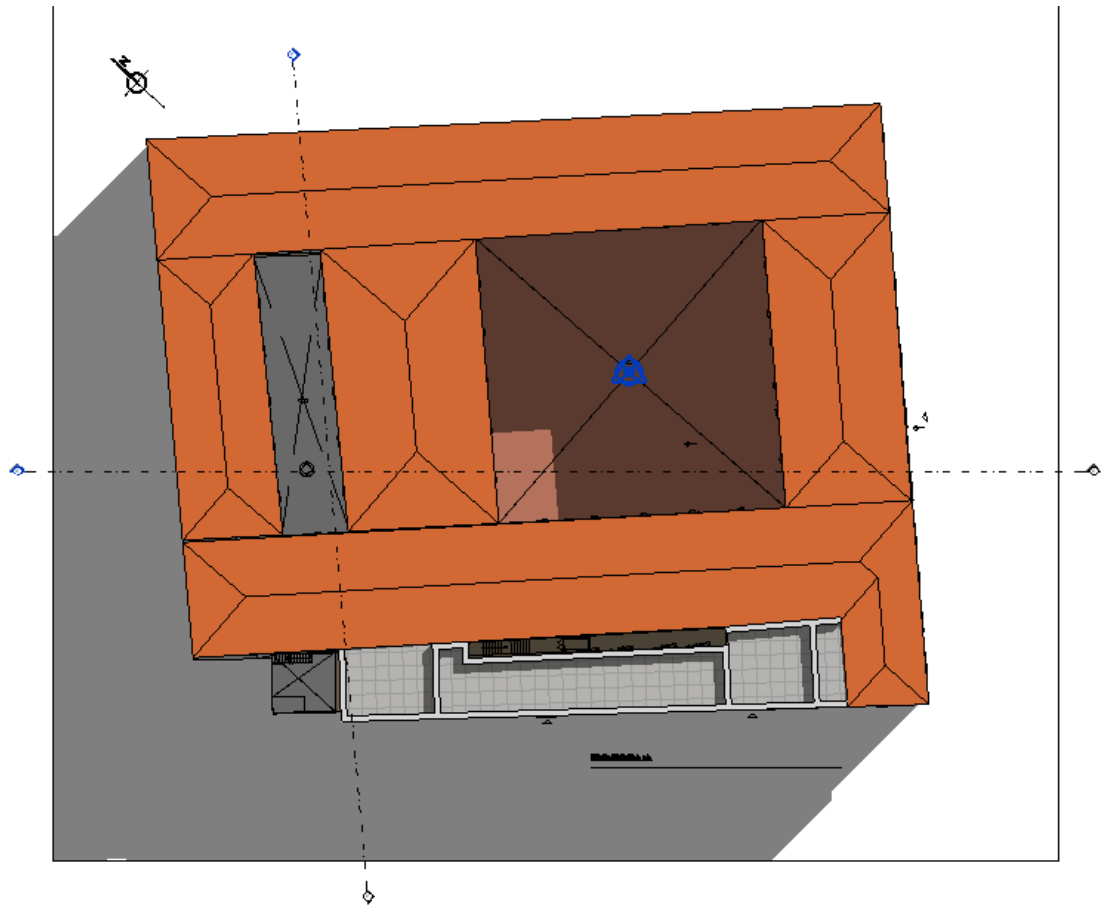


Imagen N°22 Plano de cubiertas – Fuente: Elaboración Propia

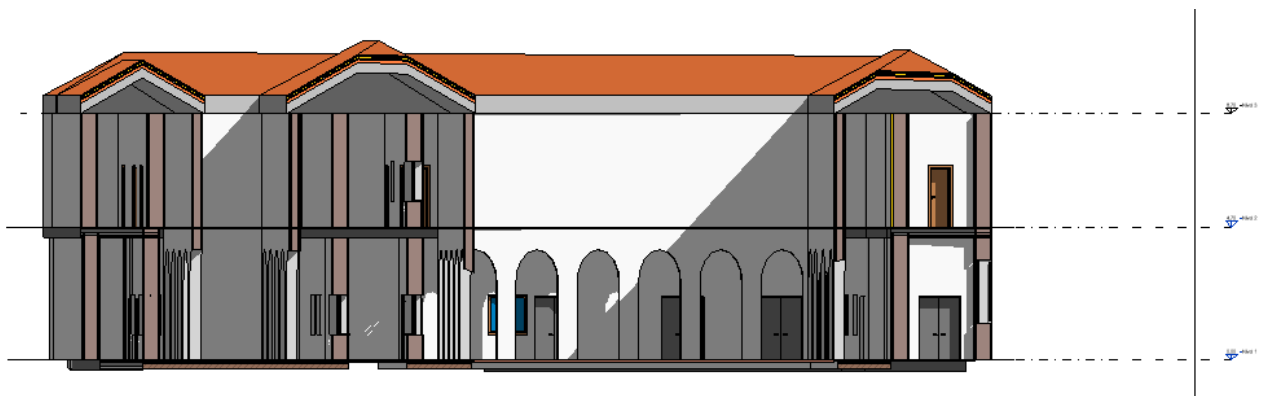


Imagen N°23 Plano de corte A – Fuente: Elaboración Propia

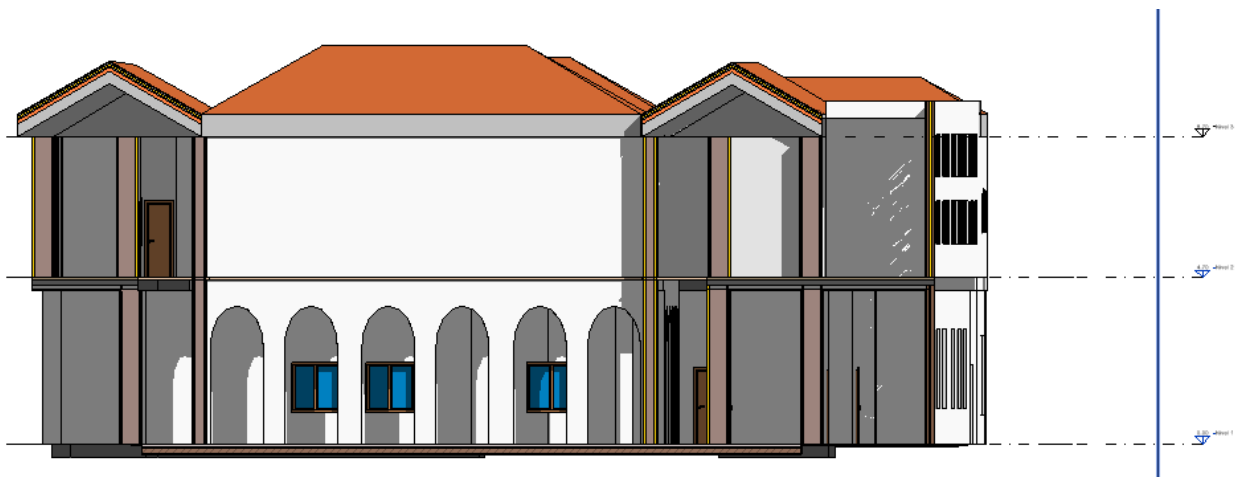


Imagen N°24 Plano de corte B – Fuente: Elaboración Propia

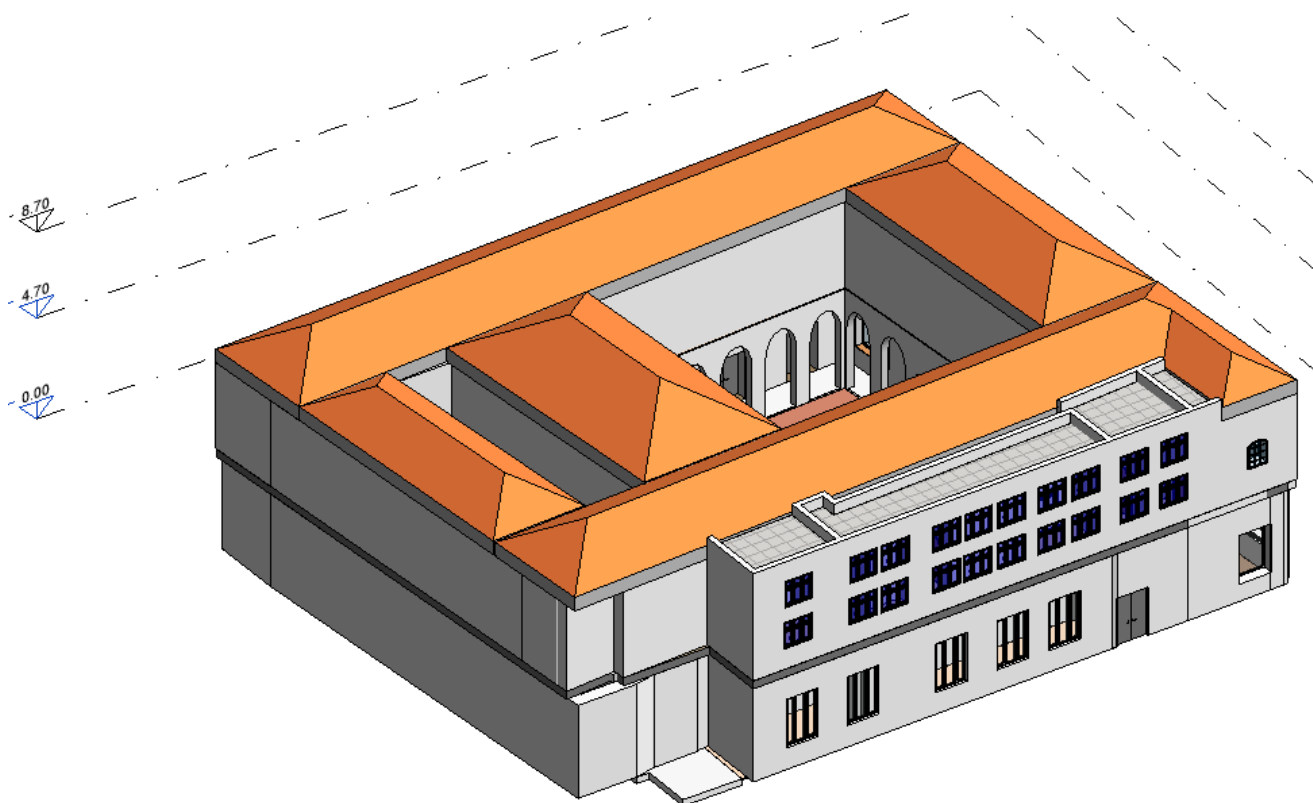


Imagen N°25 Modelado 3D – Fuente: Elaboración Propia

3.3 Conclusiones

La restauración del ex Seminario San Cristóbal no solo ha salvaguardado un monumento histórico, sino que también ha revitalizado su papel en la comunidad como centro cultural y

educativo. A través del uso innovador de tecnologías como las bases de datos especializadas, este proyecto ha sentado un precedente para la gestión inteligente y eficaz del patrimonio arquitectónico, inspirando futuras iniciativas de conservación en todo el mundo.

Se destacan la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la preservación del patrimonio cultural. El análisis y diagnóstico inicial proporcionaron una base sólida para la planificación detallada y la implementación de la metodología BIM. Esta metodología permite una visualización precisa de las intervenciones necesarias y facilita la toma de decisiones informadas sobre la conservación estructural y estética del edificio.

La implementación de BIM ayuda a identificar y resolver problemas complejos relacionados con la restauración, permitiendo a los profesionales trabajar con modelos tridimensionales detallados que reflejan las condiciones reales del edificio. Además, la colaboración entre los distintos especialistas se mejorará, ya que todos los involucrados pudieron acceder y contribuir a una base de datos centralizada, lo que resultó en un proceso más cohesivo y eficiente.

La selección de materiales y técnicas de restauración fue cuidadosamente considerada para asegurar la compatibilidad con los elementos históricos del edificio, respetando su integridad y valor cultural. La base de datos creada no solo sirve para el proyecto actual, sino que también actuará como un recurso valioso para futuras intervenciones y mantenimiento del edificio.

En términos de sostenibilidad, el proyecto demuestra cómo la tecnología BIM puede contribuir a la conservación a largo plazo de los edificios patrimoniales, optimizando el uso de recursos y minimizando el impacto en la estructura existente. La documentación detallada generada del proyecto proporciona un registro invaluable que puede ser utilizado para educar y sensibilizar al público sobre la importancia de preservar nuestro legado cultural.

El proyecto en el Ex Seminario San Cristóbal establece un precedente para la restauración de otros edificios patrimoniales en Bolivia y en todo el mundo. Demuestra el potencial del Modelado BIM para transformar las prácticas de conservación y restauración, asegurando que los tesoros arquitectónicos del pasado puedan ser disfrutados por las generaciones futuras.

Este proyecto no solo ha preservado un importante hito histórico, sino que también ha enriquecido la comunidad de Sucre, reafirmando su compromiso con la protección y celebración de su herencia cultural.

3.4 Recomendaciones

Para garantizar la continuidad y el éxito en futuros proyectos de restauración y conservación de edificios patrimoniales utilizando Modelado BIM, es esencial considerar las siguientes recomendaciones:

1. **Capacitación Continua:** Es crucial que los profesionales involucrados en la restauración reciban formación continua en las últimas tecnologías BIM y en las metodologías de conservación patrimonial. Esto asegurará que el equipo esté actualizado con las mejores prácticas y pueda aplicarlas efectivamente.
2. **Colaboración Interdisciplinaria:** Fomentar un ambiente de trabajo colaborativo entre arquitectos, ingenieros, historiadores del arte y otros especialistas es fundamental. La colaboración interdisciplinaria permite una comprensión más profunda de los desafíos y oportunidades que presenta cada edificio.
3. **Documentación Exhaustiva:** Mantener una documentación detallada de cada fase del proyecto es vital. Esto no solo facilita la gestión del proyecto en curso, sino que también sirve como un recurso valioso para futuras intervenciones.
4. **Participación Comunitaria:** Involucrar a la comunidad local en el proceso de restauración puede ayudar a aumentar la conciencia sobre la importancia del patrimonio cultural y fomentar un sentido de propiedad y responsabilidad hacia su conservación.
5. **Sostenibilidad:** Considerar la sostenibilidad en la selección de materiales y técnicas de restauración para minimizar el impacto ambiental y asegurar la viabilidad a largo plazo del edificio.
6. **Uso de Datos Históricos:** Utilizar datos históricos y arqueológicos para informar las decisiones de restauración, asegurando que las intervenciones sean apropiadas y respeten la integridad del edificio.
7. **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Ser flexible y adaptable en la planificación y ejecución del proyecto, ya que los edificios patrimoniales a menudo presentan desafíos inesperados que requieren soluciones creativas.
8. **Seguridad del Sitio:** Asegurar que el sitio de restauración cumpla con todas las normas de seguridad para proteger tanto a los trabajadores como al edificio durante el proceso de restauración.

9. Evaluación y Retroalimentación: Implementar un sistema de evaluación y retroalimentación para revisar continuamente el progreso del proyecto y hacer ajustes cuando sea necesario.

10. Difusión y Educación: Promover la difusión de los resultados del proyecto y la educación sobre el patrimonio cultural a través de publicaciones, conferencias y talleres.

Siguiendo estas recomendaciones, se puede mejorar la calidad y eficacia de los proyectos de restauración y conservación, asegurando que los edificios patrimoniales sean preservados para las generaciones futuras mientras se integran las ventajas que ofrece la tecnología BIM.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Merchán, Pilar & Salamanca, Santiago & Merchán, María José & Hernández, Emiliano & Moreno Rabel, María. (2018). Pasado, presente y futuro de los HBIM
- Churqui Chávez, F. M. (2017). *Significación e importancia de la investigación histórica como parte metodológica en la elaboración del proyecto de restauración arquitectónica en Bolivia* (Doctoral dissertation).
- Martín Talaverano, R., Murillo Fragero, J. I. y Utrero Agudo, M.a Á. 2021: "Reflexiones y criterios relativos a la creación de modelos BIM de edificios históricos"
- PEREZ, M. G. (2024). LINEAMIENTOS CONCEPTUALES SOBRE LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA A INMUEBLES PATRIMONIALES PÚBLICOS EN LA CIUDAD DE LA PAZ. *REVISTA CIENTÍFICA Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales*, 4(4), 36-57.
- Uturunco Mendoza, I. E. *Los sentidos históricos del patrimonio cultural en el municipio de La Paz: análisis histórico-documental de las declaratorias de patrimonio cultural inmaterial del municipio de La Paz, 1995-2020* (Doctoral dissertation).
- PALOMARES, A. G. P. H. (2024). *REINTERPRETACIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO DENTRO DE LA CIUDAD TURÍSTICA EN AUJE* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO).
- Tovar, D. Q., Moreno, F. S., & López, A. D. R. (2024). La metodología BIM, como instrumento en la gestión cultural en los territorios, en busca de la cohesión y el tejido patrimonial. *Revista Construyendo Paz Latinoamericana*, (19).
- Moreno, F. S., Tovar, D. Q., & López, A. D. R. (2024). La metodología BIM, como instrumento en la gestión cultural en los territorios, en busca de la cohesión y el tejido patrimonial. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, 9(19), 1-27.
- Cárdenas Condori, H. E., & Villegas Escobedo, M. S. (2024). Recuperación del área patrimonial del Barrio la Antiquilla a través del estudio del ambiente monumental como nueva actividad cultural y turística en base a la revitalización del Mercado la Antiquilla de Arequipa.
- Quintilla Castán, M., & Agustín Hernández, L. (2024). Desarrollo de un repositorio gráfico para el inventario virtual del patrimonio. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 29(50), 150-163.

MIGUEL, C. R3. REHABILITACIÓN RESTAURACIÓN, O REACTIVACIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO DEL MOVIMIENTO MODERNO: EL CASO DEL PABELLÓN DE ESPAÑA EN LA EXPOSICIÓN UNIVERSAL DE BRUSELAS 1958.

Coronel, D. E. R., & Lojano, C. E. C. (2023). USO DE MATERIALES DE REVESTIMIENTO DE VIVIENDAS PATRIMONIALES EN LA CIUDAD DE CUENCA PARA GENERAR CRITERIOS DE DISEÑO INTERIOR DE RESTAURANTES. *DISEÑO ARTE Y ARQUITECTURA*, (15), 217-276.

Fernández, Alberto & Soria, Elsa & Agustín, Luis & Alberto, José & Adrián, Alonso & Ereño, Burgada & Salvador García, Elena & Jordan, Isabel & Soto, Adolfo & NIETO, Juan & Monterroso Checa, Antonio & Moyano, J. & Herráez, Juan & Espinosa, Yessica & Leache, Javier & Rafael, Aristu & Martin-Talaverano, Rafael & Mahillo Calle, Ana & González Arteaga, Jesús & Castellano-Román, Manuel. (2018). BIM aplicado al Patrimonio Cultural. Documento 14. Guía de usuarios BIM. Building SMART Spain Chapter..