



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL (PPGECI)**

**Levantamento digital e análise do templo San Buenaventura de Yaguaron:
proposta de indicadores para a avaliação do patrimônio arquitetônico**

CECILIA ARASY CANTERO NÚÑEZ

Foz do Iguaçu
2026



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO
(ILATIT)**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL (PPGECI)**

**LEVANTAMENTO DIGITAL E ANÁLISE DO TEMPLO SAN BUENAVENTURA DE
YAGUARON: PROPOSTA DE INDICADORES PARA A AVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO
ARQUITETÔNICO**

CECILIA ARASY CANTERO NÚÑEZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Noé Villegas Flores
Coorientador: Prof. Dra. Ana Carolina Parapinski dos Santos

Foz do Iguaçu
2026

CECILIA ARASY CANTERO NÚÑEZ

**LEVANTAMENTO DIGITAL E ANÁLISE DO TEMPLO SAN BUENAVENTURA DE
YAGUARON: PROPOSTA DE INDICADORES PARA A AVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO
ARQUITETÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Eng. Noé Villegas Flores
UNILA

Prof. Dr. Diego Moraes Flores
UNILA

Prof. Dra. Yelinca Nalena Saldeño Madero
Universidad Militar Nueva Granada

Foz do Iguaçu, 01 de abril de 2026.

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - CENTRAL

C229L

Cantero Nuñez, Cecilia Arasy.

Levantamento digital e análise do Templo San Buenaventura de Yaguaron: proposta de indicadores para a avaliação do patrimônio arquitetônico / Cecilia Arasy Cantero Nuñez. - Foz do Iguaçu, 2026.

133 fls.: il.

Universidade Federal da Integração Latino-Americana, INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT), PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL (PPGECI).

Orientador: Noé Villegas Flores.

Coorientador: Ana Carolina Parapinski dos Santos.

1. Patrimônio cultural - Proteção - Paraguai. 2. Templos - Paraguai - Inspeção. 3. Monumentos - Conservação e restauração. I. Villegas Flores, Noé. II. Santos, Ana Carolina Parapinski dos. III. Título.

CDU 719(893)

*Dedico este trabalho à
minha filha Jasy Valentina,
pequena cientista por vocação
e artista em essência.*

AGRADECIMIENTOS

Tupã Ñandejára ha Tupãsyme che moirũ haguére ko katupyry ñemoarandu rekávo.

A las mujeres de mi familia, por haberme enseñado el valor del conocimiento, a mi mamá y a mi abuela, por la fuerza de sus oraciones. Llevo conmigo la lucha y el sacrificio que hicieron posible este logro, y con él, un título más para nuestra pequeña familia.

A Jasy, por llenar de luz y alegría cada uno de mis días.

A Rodolfo, por su amor, su cariño, su fortaleza, su apoyo y su comprensión a lo largo de toda esta etapa.

A mis padrinos, César y Vicky, y a mis primos Edu y Elena, por el cariño y los mensajes de apoyo que supieron acompañarme aun en la distancia.

A mis amistades Gloria, Guada, Teo, Ronald, Paul, Romi, Gabes y Cinthia, por todo el apoyo que me brindaron. Desde el fondo de mi corazón, muchas gracias.

A mi abuela Lucy por sus oraciones. A mi papá, a mis hermanos, a mis tías y tíos, por estar pendientes y acompañarme en este proceso.

A todas las personas que tuve el privilegio de conocer en Yaguaron durante estos dos años de investigación, especialmente a María Delgado, Vale, Bauti y su familia, quienes nos recibieron con los brazos abiertos y nos hicieron un lugar en su hogar.

Al Arq. Javier Mendoza y a la Dra. María José Díez, por el conocimiento compartido y por cada enseñanza transmitida desde su amplia experiencia.

A Fernandito Yaguaron, Iris Oviedo y Don Alemán, por recibirnos siempre con los brazos abiertos y compartir generosamente sus conocimientos con la cordialidad que los caracteriza. Al Prof. Luis Delgado, por recibirnos y por compartir con nosotros más sobre Yaguarón con tanta disposición.

Al Prof. Noé, por su orientación en esta etapa académica, al Prof. Diego y a la Prof. Mara, por compartir conmigo sus conocimientos. A la secretaría del PPGECl, por la cordialidad y la buena disposición de siempre.

A todas las personas que contribuyeron con un granito de arena a esta investigación.

A la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana (UNILA), por la beca de estudios PROBIU, por brindar los conocimientos y las herramientas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

*Arandu apo ha'e avei
tape jaikuaa ha ñamoambue
haña ñande rekove
Mirtha Núñez.*

RESUMEN

La investigación aborda la necesidad de preservar el patrimonio edificado mediante metodologías que permitan registrar, interpretar y organizar información técnica sobre su materialidad y estado de conservación. En este marco, el estudio tuvo como objetivo evaluar el estado de conservación del Templo San Buenaventura de Yaguarón (Paraguay), integrando revisión histórico-documental, inspección visual, técnicas de diagnóstico no destructivas y documentación fotogramétrica. Inicialmente, se desarrolló una contextualización histórica y constructiva del templo, destacando sus etapas de transformación, intervenciones previas y su sistema constructivo basado en estructura de madera, muros de adobe y cubierta tradicional. Posteriormente, se realizó el levantamiento geométrico y la identificación de patologías presentes en la edificación. Para la documentación digital, se emplearon vuelos con UAV DJI Air 3, capturando imágenes con alta superposición que fueron procesadas mediante software fotogramétrico. A partir de 2.464 imágenes se generaron productos como mapa de profundidad, nube de puntos y modelo tridimensional texturizado, compatibles con modelado BIM y útiles para el análisis detallado del edificio. La inspección técnica permitió identificar daños en diversos elementos constructivos, incluyendo estructuras de madera, muros, revestimientos, policromías, cubierta y zonas afectadas por humedad, relacionando estas patologías con la lógica constructiva del templo. Como resultado principal, se propuso una estructura de evaluación basada en 12 indicadores de conservación (seis estructurales y seis no estructurales), fundamentados en los hallazgos de campo y en el método MIVES. No obstante, el estudio no aplicó completamente el modelo multicriterio ni definió intervenciones específicas, sino que estableció una base técnica para futuras evaluaciones, monitoreo y gestión de la conservación, contribuyendo a la toma de decisiones en el contexto del patrimonio histórico paraguayo.

Palabras clave: Patrimonio arquitectónico. Fotogrametría. HBIM. Manifestaciones patológicas. Indicadores.

ABSTRACT

The research addresses the need to preserve built heritage through methodologies capable of recording, interpreting, and organizing technical information regarding its materiality and state of conservation. Within this framework, the study aimed to assess the conservation status of the San Buenaventura Temple in Yaguarón, Paraguay, by integrating historical-documentary review, visual inspection, non-destructive diagnostic techniques, and photogrammetric documentation. Initially, a historical and constructive contextualization of the temple was developed, highlighting its phases of transformation, previous interventions, and its construction system based on a timber structure, adobe walls, and a traditional roof. Subsequently, a geometric survey and the identification of pathological manifestations present in the building were carried out. For the digital documentation, UAV DJI Air 3 flights were conducted, capturing highly overlapping images that were processed using photogrammetric software. From a total of 2,464 images, products such as a depth map, point cloud, and textured three-dimensional model were generated, all compatible with BIM modeling and useful for detailed building analysis. The technical inspection made it possible to identify damage in several constructive elements, including timber structures, walls, renders, polychromies, roofing, and areas affected by moisture, relating these pathologies to the constructive logic of the temple. As a principal outcome, an evaluation framework based on 12 conservation indicators—six structural and six non-structural—was proposed, grounded in both field findings and the MIVES method. However, the study did not fully apply the multicriteria model nor define specific intervention measures; rather, it established a technical basis for future assessments, monitoring, and conservation management, thereby contributing to decision-making processes in the context of Paraguayan historic heritage.

Keywords: Architectural heritage. Photogrammetry. HBIM. Pathological manifestations. Indicators.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Fotogrametría..... | 26 |
| Figura 2. Principio de funcionamiento del escaneo láser 3D..... | 27 |
| Figura 3. Cerro de Yaguarón en la parte trasera del Templo San Buenaventura | 30 |
| Figura 4. Fachada principal Templo San Buenaventura de Yaguarón..... | 31 |
| Figura 5. Planta baja del Templo Yaguarón a la izquierda, a su derecha del Templo de Capiatá..... | 32 |
| Figura 6. Corredor del Templo San Buenaventura de Yaguarón | 32 |
| Figura 7. Formato de la base del Templo de San Buenaventura de Yaguarón | 33 |
| Figura 8. Fachada norte Templo de San Buenaventura | 33 |
| Figura 9. Interior del Templo San Buenaventura | 34 |
| Figura 10. Altar mayor del Templo San Buenaventura | 35 |
| Figura 11. Tallado y pintura de la puertas y ventanas del Templo San Buenaventura. | 36 |
| Figura 12. Sacristía del Templo San Buenaventura de Yaguarón | 37 |
| Figura 13. Altares de las iglesias de Yaguarón, Capiatá y Valenzuela. | 38 |
| Figura 14. Montaje de los altares laterales de Yaguarón..... | 38 |
| Figura 15. Retablos laterales actuales en el Templo de San Buenaventura..... | 39 |
| Figura 16. Retablos trasladados..... | 40 |
| Figura 17. Coro del Templo San Buenaventura de Yaguarón. | 40 |
| Figura 18. Arco interior del depósito sur en el Templo San Buenaventura de Yaguarón..... | 41 |
| Figura 19. Interior del Templo San Buenaventura de Yaguarón. | 42 |
| Figura 20. Altar mayor del Templo San Buenaventura. | 42 |
| Figura 21. Techo artesonado de la nave principal, naves laterales y la cúpula del templo San Buenaventura. | 43 |
| Figura 22. Flores autóctonas en el techo artesonado del Templo San Buenaventura de Yaguarón..... | 44 |
| Figura 23. Casetones octogonales con querubines en el techo de la capilla mayor del Templo San Buenaventura. | 44 |
| Figura 24. Vestigios de pintura en la Sacristía del Templo de San Buenaventura..... | 45 |
| Figura 25. Detalles del altar de la Sacristía del Templo San Buenaventura | 47 |
| Figura 26. Planta del urucú (Bixa orellana) para dar el color rojo en la policromía del | |

| | |
|--|----|
| Templo San Buenaventura. | 48 |
| Figura 27. Placa de inclusión a la lista de declaración de patrimonio de la humanidad..... | 49 |
| Figura 28. San Roque Patrono de la Iglesia primitiva de Yaguarón. | 50 |
| Figura 29. Metodología empleada en este trabajo | 52 |
| Figura 30. Metodología de evaluación para construcciones históricas propuesta por el ICOMOS..... | 52 |
| Figura 31. Objetivos de la etapa de inspección de predios históricos | 53 |
| Figura 32. Etapas de la caracterización estructural..... | 54 |
| Figura 33. Etapas del modelado en BIM | 54 |
| Figura 34. Modelado 3D del Templo San Buenaventura | 54 |
| Figura 35. Proceso metodológico de HBIM | 55 |
| Figura 36. Fases de la etapa de adquisición y procesamiento..... | 55 |
| Figura 37. Vuelo realizado alrededor del predio..... | 55 |
| Figura 38. Posición de la cámara del dron para la obtención de imágenes. | 57 |
| Figura 39. Flujo de trabajo para el modelo 3D | 58 |
| Figura 40. Etapas del procesamiento de la fotogrametría..... | 58 |
| Figura 41. Levantamiento visual de la manifestación patológica..... | 59 |
| Figura 42. Estructura de evaluación..... | 62 |
| Figura 43 Descripción de la restauración (1883) del Templo San Buenaventura | 64 |
| Figura 44. Capas del proceso de revoque Templo San Buenaventura | 65 |
| Figura 45 Templo San Buenaventura de Yaguarón en el año 1923 | 66 |
| Figura 46. Cimientos de los horcones del Templo San Buenaventura | 66 |
| Figura 47. Estructura con techo desmontado del Templo San Buenaventura de Yaguarón..... | 67 |
| Figura 48. Templo San Buenaventura de Yaguarón año 1952..... | 67 |
| Figura 49. Pilares sin revestimiento del Templo San Buenaventura..... | 68 |
| Figura 50 Tabla de descripción de la restauración (1985-1991) del Templo San Buenaventura..... | 68 |
| Figura 51. Estado actual de la Sacristía del Templo San Buenaventura. | 68 |
| Figura 52. Campanario 1932-1950-1958 del Templo San Buenaventura..... | 69 |
| Figura 53. Ubicación del Templo San Buenaventura..... | 70 |
| Figura 54. Templo San Buenaventura de Yaguarón | 70 |
| Figura 55. Organización y distribución de espacios interiores y exteriores..... | 71 |

| | |
|--|-----|
| Figura 56. Fachada del Templo San Buenaventura. | 72 |
| Figura 57. Empalme de los horcones de la fachada. | 72 |
| Figura 58. Cortes del Templo San Buenaventura..... | 73 |
| Figura 59. Vista superior de los elementos estructurales del Templo San Buenaventura..... | 74 |
| Figura 60. Elementos estructurales en la vista trasera del Templo San Buenaventura | 74 |
| Figura 61. Vistas de los elementos estructurales del Templo San Buenaventura | 75 |
| Figura 62. Estructura del coro del Templo San Buenaventura. | 76 |
| Figura 63 Escalera del coro del Templo San Buenaventura..... | 76 |
| Figura 64. Ubicación del arco interior entre los depósitos del Templo San Buenaventura..... | 77 |
| Figura 65. Perspectivas del pilar del sistema constructivo del Templo San Buenaventura..... | 78 |
| Figura 66. Pilares con soportes diagonales del Templo San Buenaventura..... | 78 |
| Figura 67. Sistema par y nudillo del Templo de San Buenaventura. | 78 |
| Figura 68. Mapa de profundidad Templo San Buenaventura | 79 |
| Figura 69. Nube de puntos del Templo San Buenaventura | 80 |
| Figura 70. Superposición en la nube de puntos. | 82 |
| Figura 71. Diferentes representaciones y un modelo 3D fotogramétrico..... | 83 |
| Figura 72. Modelo texturizado del Templo San Buenaventura | 85 |
| Figura 73. Manifestación patológica en dintel de madera | 86 |
| Figura 74. Manifestación patológica en vigas y tirantes | 88 |
| Figura 75. Manifestación patológica de los Pilares de madera | 90 |
| Figura 76. Manifestación patológica en muros | 92 |
| Figura 77. Manifestación patológica con ataque de xilófagos | 94 |
| Figura 78. Manifestación patológica de humedad en zonas de la edificación | 97 |
| Figura 79. Manifestación patológica de fisuras superficiales en revoques..... | 99 |
| Figura 80. Manifestación patológica de desprendimiento | 101 |
| Figura 81. Manifestación patológica en madera no portante..... | 104 |
| Figura 82. Manifestación patológica humedad | 110 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Definiciones de términos en al área de conservación de edificios. | 21 |
| Cuadro 2. Definiciones de términos en al área de patología. | 22 |
| Cuadro 3. Manifestaciones patológicas que más afectan al patrimonio edificado. | 23 |
| Cuadro 4. Técnicas no destructivas aplicadas en patrimonio. | 24 |
| Cuadro 5. Modelo de Información aplicada a edificaciones históricas..... | 28 |
| Cuadro 6. Pigmentos de origen mineral..... | 47 |
| Cuadro 7. Pigmentos de origen vegetal..... | 48 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Árbol de requerimientos | 59 |
| Tabla 2. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 1 | 88 |
| Tabla 3. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 2 | 90 |
| Tabla 4. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 3 | 92 |
| Tabla 5. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 4 | 94 |
| Tabla 6. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 5 | 96 |
| Tabla 7. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 6 | 98 |
| Tabla 8. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 7 | 101 |
| Tabla 9. Autores que justifican el Indicador No Estructural 2 | 102 |
| Tabla 10. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 8 | 103 |
| Tabla 11. Autores que justifican el Indicador No Estructural 3 | 104 |
| Tabla 12. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 9 | 105 |
| Tabla 13. Manifestaciones patologicas en policromías | 106 |
| Tabla 14. Autores que justifican el Indicador No Estructural 4 | 106 |
| Tabla 15. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 10 | 108 |
| Tabla 16. Tejas rotas en la cobertura | 108 |
| Tabla 17. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 11 | 110 |
| Tabla 18. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 12 | 112 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| GPR | Radar De Penetración Terrestre |
| HBIM | Heritage Building Information Modeling |
| ICOMOS | Consejo Internacional de Monumentos y Sitios |
| ILATIT | Instituto Latino-Americano De Tecnologia, Infraestrutura e Território |
| IRT | Termografía Infrarroja |
| NDT | Técnicas no destructivas |
| UAV | Unmanned Aerial Vehicle |
| TLS | Escáner Laser Terrestre |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| UNILA | Universidade Federal da Integração Latino-Americana |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1.1. Objetivos..... | 17 |
| 1.1.1 Objetivo general..... | 17 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 17 |
| 1.2. Limitaciones de la investigación | 17 |
| 1.3. Estructura del trabajo..... | 18 |
| 2 ESTADO DEL ARTE..... | 20 |
| 2.1. Manifestaciones patológicas en edificaciones históricas..... | 22 |
| 2.2. Técnicas no destructivas (NDT) para la conservación del patrimonio | 24 |
| 2.3. Digitalización y modelado del patrimonio arquitectónico | 25 |
| 2.2.1 Fotogrametría | 25 |
| 2.2.2 Escaneo Láser..... | 26 |
| 2.2.2 HBIM (Heritage Building Information Modeling)..... | 27 |
| 3 TEMPLO DE SAN BUENAVENTURA: UNA APROXIMACIÓN AL SISTEMA CONSTRUCTIVO..... | 29 |
| 3.1. Historia y Evolución Arquitectónica del Templo | 29 |
| 3.2. Influencias arquitectónicas: franciscanos y cultura guaraní..... | 41 |
| 3.3. Patrimonio y turismo: el valor simbólico y cultural del templo..... | 48 |
| 4 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DIGITAL..... | 52 |
| 4.1. Análisis documental..... | 53 |
| 4.2. Caracterización estructural..... | 53 |
| 4.2.1. Caracterización geométrica | 54 |
| 4.2.2. Caracterización de daños y caracterización de materiales | 59 |
| 4.3. Sistematización de hallazgos y bases para futuras intervenciones | 62 |

| | |
|--|-----|
| | 14 |
| 5 RESULTADOS..... | 64 |
| 5.1. Influencias de las restauraciones a través del tiempo | 64 |
| 5.2. Caracterización geométrica..... | 69 |
| 5.2.1. Principales elementos estructurales | 73 |
| 5.2.2. Fotogrametría | 79 |
| 5.3. Caracterización de daños..... | 86 |
| CONSIDERACIONES FINALES Y TRABAJOS FUTUROS | 114 |
| REFERENCIAS..... | 116 |
| APENDICES..... | 127 |
| APENDICE A – CUESTIONARIO DE PROYECTO..... | 127 |

1 INTRODUCCIÓN

Las construcciones históricas al ser testigos de comunidades pasadas no solo muestran los avances y cambios a lo largo de la historia humana, sino que también tienen un papel fundamental en nuestra sociedad (MESQUITA, 2019).

Estas edificaciones son altamente apreciadas a nivel nacional pues preservan tradiciones arqueológicas, arquitectónicas, religiosas e históricas, representando un conjunto de valores culturales (FONTENELE *et al.*, 2023; MOHAMED; MARZOUK, 2023; SOLLA *et al.*, 2024).

Considerar las construcciones históricas como estructuras frágiles o como símbolos de atraso constituye una visión limitada ya que, con mantenimiento y diagnóstico adecuados, estas edificaciones pueden alcanzar condiciones de seguridad comparables a las de edificios contemporáneos (MESQUITA, 2019).

En el campo de la ingeniería civil, las construcciones históricas han despertado gran interés debido a la existencia de algunas carencias en el conocimiento técnico-científico, sobre todo en el estudio de sus materiales, los propios sistemas constructivos y su comportamiento estructural (MESQUITA, 2019). La intervención y reconstrucción de estos edificios requieren un enfoque científico integral que considere el contexto cultural y analizar la estructura en su totalidad en lugar de elementos individuales (AKCAY *et al.*, 2020; MIRAN; HUSEIN, 2024; RESENDE *et al.*, 2022).

La falta de información o interpretación errónea en proyectos de rehabilitación arquitectónica puede resultar en diagnósticos o acciones incorrectas (MARTÍNEZ; MARTÍNEZ, 2022). Esto plantea un enigma para las ciudades: *¿cómo rehabilitar, renovar y adaptar sus edificios históricos para asegurar la conservación de estos bienes?* (ARANDELOVIC; MUSIL, 2023; MIRAN; HUSEIN, 2023).

Actualmente, se utilizan técnicas no destructivas (NDT) para inspeccionar y evaluar edificaciones patrimoniales, permitiendo identificar problemas estructurales sin comprometer la integridad del edificio (MESQUITA, 2019; RESENDE *et al.*, 2022; RUIZ VALERO; FLORES SASSO; PRIETO VICIOSO, 2019). Estas técnicas reducen la necesidad de ensayos destructivos y ayudan a preservar el carácter histórico de estos bienes de alto valor patrimonial (ASCIONE *et al.*, 2017; RESENDE *et al.*, 2022; SOLLA *et al.*, 2024).

A ello se suman las constantes amenazas que afectan al patrimonio, la necesidad constante de ensayos, combinada con la dificultad para obtener financiamiento destinado a su restauración y revitalización, ha llevado a que muchos proyectos se abandonen en etapas tempranas de su ejecución (SOLLA *et al.*, 2024). Es por ello que el mantenimiento de las estructuras patrimoniales desde las primeras señales de deterioro es una herramienta poderosa para minimizar los daños estructurales (MESQUITA, 2019).

Por lo tanto, garantizar la integridad estructural de un edificio histórico que ha

atravesado sucesivas fases constructivas e intervenciones de restauración es una tarea compleja que requiere de un estudio multidisciplinario (TSILIMANTOU *et al.*, 2020). Las investigaciones históricas y arquitectónicas, junto con registros fotográficos detallados y una observación cuidadosa, permiten entender las características técnicas, el estado estructural y las patológicas de un bien cultural, facilitando así la planificación de medidas de intervención y restauración (RESENDE *et al.*, 2022).

En este marco, la necesidad de diagnósticos más precisos y de registros técnicamente reproducibles ha favorecido la incorporación de tecnologías digitales al estudio del patrimonio edificado. Estas herramientas no sustituyen la lectura histórica y constructiva del bien, sino que la complementan mediante formas más rigurosas de documentación, análisis y gestión de la información.

El uso de tecnologías digitales crece continuamente, lo que permite superar muchas de las limitaciones en técnicas de documentación arquitectónica, creando nuevas formas de registro para la preservación del patrimonio cultural (GROETERLAARS, 2015). Estos enfoques resultan esenciales frente a las constantes amenazas de conservación que enfrenta el patrimonio (DIZ-MELLADO *et al.*, 2021).

Una de las aplicaciones más innovadoras es BIM (Building Information Modeling) en la gestión y documentación del patrimonio histórico, conocida como HBIM¹ (GARCIA-GAGO *et al.*, 2022; MOL *et al.*, 2020; ROCHA; TOMÉ, 2021; RODRIGUES *et al.*, 2023). Este proceso mejora la gestión de los patrimonios, ya que implica que el modelo debe incluir no solo la geometría y estructura física, sino también datos detallados sobre materiales, técnicas constructivas, historial de intervenciones, estado de conservación y cualquier otra información relevante que facilite su gestión, conservación y restauración (CHELARU *et al.*, 2024; ROCHA; TOMÉ, 2021).

Esta falta de investigaciones actualizadas limita la comprensión profunda de características estructurales, materiales y simbólicas, así como su estado de conservación actual. En este sentido, resulta imprescindible impulsar nuevos estudios que combinen tecnologías modernas como el modelado HBIM, la fotogrametría, junto con técnicas de diagnóstico no destructivas (NDT) para abordar de manera integral los desafíos de preservación.

En este marco, la presente investigación se orienta, por un lado, al análisis de las posibilidades que ofrecen las metodologías de documentación y modelado digitales aplicadas al patrimonio construido y, por otro, al estudio de un bien histórico de relevancia cultural en Paraguay. Para ello, se adopta como caso de estudio la Iglesia de San Buenaventura de Yaguarón, debido a su valor histórico, arquitectónico y patrimonial dentro del contexto colonial paraguayo.

En el contexto de la preservación y estudio del patrimonio histórico, la Iglesia de San Buenaventura de Yaguarón se destaca como uno de los monumentos más emblemáticos del Paraguay colonial. Sin embargo, existe una evidente laguna de

¹ HBIM (*Heritage Building Information Modeling*) - Modelado de la Información de Construcciones Históricas

conocimiento en torno a esta edificación, como señala Diez Gálvez, (2022) en su artículo, a pesar de su importancia histórica y arquitectónica, los estudios especializados sobre esta iglesia son escasos y, en su mayoría, se limitan a investigaciones realizadas en las décadas de 1950 y 1960.

En definitiva, este proyecto de investigación propone la generación de un modelo digital del estado actual del templo San Buenaventura de Yaguarón, a partir de la integración de técnicas no destructivas, fotogrametría digital y modelado BIM. La documentación resultante permitirá registrar con precisión las características constructivas y geométricas del edificio, constituyéndose en una base técnica consistente para el análisis de las manifestaciones patológicas presentes en la estructura. Asimismo, este levantamiento digital favorecerá el desarrollo de futuras estrategias de conservación, restauración y gestión del patrimonio arquitectónico.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo de maestría es evaluar el estado de conservación del templo San Buenaventura de Yaguarón mediante técnicas de diagnóstico no destructivas y documentación fotogramétrica, a fin de identificar sus manifestaciones patológicas y generar una base técnica para futuras acciones de conservación, restauración y gestión patrimonial.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Contextualizar históricamente el templo mediante revisión bibliográfica de fuentes, entrevistas, artículos, documentos antiguos, delimitando sus fases constructivas e intervenciones.
2. Caracterizar geoméricamente el templo en su estado actual, mediante fotogrametría con UAV, generando el modelo tridimensional y elaborando el correspondiente modelo BIM.
3. Identificar, registrar y sistematizar las manifestaciones patológicas observadas en el templo mediante inspección visual, técnicas no destructivas (NDT) y análisis del modelo BIM, con el fin de formular indicadores y generar una base técnica para futuras evaluaciones y decisiones de conservación.

1.2. Limitaciones de la investigación

Como se ha mencionado anteriormente, esta disertación de maestría se centra en la documentación digital del estado actual del templo San Buenaventura de Yaguarón integrando técnicas de fotogrametría y de diagnóstico no destructivas (NDT) para para la identificación y evaluación de manifestaciones patológicas.

Con respecto a las limitaciones metodológicas y normativas, se ha utilizado

información proveniente de registros históricos, análisis técnicos in situ y normativas internacionales y nacionales sobre restauración del patrimonio cultural. Sin embargo, desde el enfoque histórico, la principal limitación radica en la disponibilidad y acceso a documentos históricos relevantes sobre el templo San Buenaventura de Yaguarón. Gran parte de la información puede estar dispersa, incompleta o sujeta a interpretaciones, lo que podría influir en la reconstrucción fiel de su evolución arquitectónica y su contexto cultural.

Con respecto a las limitaciones geográficas, el estudio se desarrolla en la ciudad de Yaguarón, departamento de Paraguarí, Paraguay. Este enfoque geográfico restringe el análisis exclusivamente al templo San Buenaventura y su entorno inmediato, lo que implica que las conclusiones y propuestas derivadas no pueden extrapolarse directamente a otros contextos patrimoniales con características arquitectónicas o climáticas diferentes. Además, la ubicación geográfica puede influir en el acceso a recursos técnicos y humanos especializados necesarios para el desarrollo del estudio. En este estudio se realizará solo la caracterización estructural, sin llevar a cabo la evaluación estructural.

En relación con el aspecto económico, el trabajo enfrenta restricciones presupuestarias que pueden influir en el alcance de las técnicas avanzadas utilizadas, como la adquisición de herramientas específicas para modelado 3D o equipamiento para pruebas no destructivas. Esto puede limitar la cantidad de datos que se logren recopilar o el detalle en ciertas etapas del proyecto.

Desde la perspectiva técnica, las limitaciones incluyen la disponibilidad de equipos y tecnología de última generación en el contexto local. Asimismo, el acceso a profesionales capacitados en las técnicas no destructivas y modelado 3D también puede representar un desafío, impactando potencialmente el cronograma del proyecto y los resultados esperados.

1.3. Estructura del trabajo

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, la estructura del presente trabajo se organiza en los siguientes capítulos:

En el **Capítulo 1**, referente a la introducción, se contextualiza el estudio del Templo de San Buenaventura de Yaguarón, destacando su relevancia cultural e histórica. Se expone la justificación del trabajo, se definen los objetivos generales y específicos, y se describe la estructura del documento.

En el **Capítulo 2**, se presenta el estado del arte, abordando conceptos clave sobre conservación del patrimonio, técnicas no destructivas y digitalización de edificios históricos, incluyendo las metodologías actuales utilizadas en la preservación del patrimonio arquitectónico.

En el **Capítulo 3**, se desarrolla una aproximación histórica al templo, abordando su evolución arquitectónica, impacto social y económico en la región, y su valor como símbolo cultural y turístico. Este capítulo analiza también las influencias de los

franciscanos y la cultura guaraní en su diseño, integrando información sobre su papel como patrimonio cultural de Paraguay.

En el **Capítulo 4**, se detalla el enfoque metodológico adoptado para el estudio. Este capítulo describe el levantamiento visual y geométrico del templo, el uso de técnicas de evaluación no destructivas (NDT), el modelado 3D para análisis y documentación, y el procesamiento y análisis de datos estructurales.

En el **Capítulo 5**, se presentan los resultados, incluyendo la caracterización del templo a través del modelo 3D, la identificación de patologías, y las herramientas empleadas en el modelado.

En el **Capítulo 6**, se presentan las conclusiones obtenidas en este estudio de caso, así como las líneas de trabajo futuro.

En el **Capítulo 7**, se presenta el listado completo de todas las fuentes y referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo del trabajo.

2 ESTADO DEL ARTE

La importancia de preservar y conservar edificaciones patrimoniales es destacada por la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO (1972) y el ICOMOS² (FONTENELE *et al.*, 2023; LIANG; AHMAD; MOHIDIN, 2023; MESQUITA, 2019). De igual manera, la Agenda 2030 de la ONU, a través del ODS 11, se compromete a proteger el patrimonio cultural y natural como parte de una estrategia global para construir comunidades sostenibles, destacando la relevancia de conservar edificaciones históricas para las futuras generaciones (MOHAMED; MARZOUK, 2023; NADKARNI; PUTHUVAYI, 2020; XIAO *et al.*, 2018).

Cuando la cultura es accesible para todos se convierte en un recurso económico y un atractivo turístico (LOMBARDO; SAELI; CAMPISI, 2023). En este sentido la UNESCO define el patrimonio cultural como un conjunto de bienes materiales que incluyen monumentos, edificaciones arquitectónicas, esculturas, pinturas y sitios arqueológicos (XIAO *et al.*, 2018).

A nivel internacional, los esfuerzos por preservar el patrimonio edificado comenzaron con la Carta de Atenas (1931), primer documento oficial de protección del patrimonio cultural aceptado internacionalmente. Esta carta planteaba la necesidad de conservar los monumentos históricos junto con su entorno, recomendando la eliminación de elementos que pudieran dañarlos, como estructuras modernas inadecuadas o publicidad visualmente invasiva (LIANG; AHMAD; MOHIDIN, 2023).

Posteriormente, la Carta de Venecia (1964) amplió esta visión al destacar la importancia del contexto histórico y el entorno de los monumentos. Reafirmó la conservación del patrimonio, pero se centró en la preservación de sitios aislados, sin abordar la escala urbana (LIANG; AHMAD; MOHIDIN, 2023).

A nivel nacional, dentro de Paraguay la protección del patrimonio cultural tangible e intangible se encuentra regido bajo la Ley 3051/2006, “Ley Nacional de Cultura” donde se establecen los principios para la política cultural del país, así como la creación de la Secretaria Nacional de Cultura. Y la Ley 5621/2016 “Ley de Protección del Patrimonio Cultural” establece la protección, salvaguardia y preservación de los bienes culturales del país (PARAGUAY, 2006).

La conservación del patrimonio edificado ha evolucionado hasta convertirse en una disciplina multidisciplinaria que involucra arquitectura, planificación, historia y sociología. El desafío actual es desarrollar métodos que equilibren la preservación y el crecimiento urbano, garantizando la sostenibilidad del patrimonio arquitectónico (LIANG; AHMAD; MOHIDIN, 2023). Estos edificios, que representan el patrimonio cultural de cada país, requieren un monitoreo constante para evaluar su estado de conservación y salvaguardar su valor histórico y cultural (RUIZ VALERO; FLORES SASSO; PRIETO VICIOSO, 2019).

² ICOMOS (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios)

Conservar estos edificios implica adoptar técnicas y metodologías que respeten su originalidad, valor cultural y características constructivas (FONTENELE *et al.*, 2023). Ya que los elementos culturales, económicos, históricos y de identidad son esenciales para mantener su integridad a lo largo del tiempo (LIANG; AHMAD; MOHIDIN, 2023; TAHER TOLOU DEL; SALEH SEDGHPOUR; KAMALI TABRIZI, 2020).

En el ámbito de la conservación y mantenimiento de edificaciones es fundamental comprender los términos técnicos asociados a los diferentes procedimientos de intervención, se presentan algunas definiciones en el Cuadro 1 que permite identificar los distintos procedimientos aplicados a la conservación y recuperación de edificaciones, diferenciando sus objetivos, alcances y enfoques técnicos.

Cuadro 1. Definiciones de términos en al área de conservación de edificios.

| Término | Definición |
|------------------------|--|
| Rehabilitación | Conjunto de procedimientos para solucionar problemas y proteger el edificio, incluyendo acciones como reparación, recuperación, refuerzo y protección. |
| Reparación | Procedimiento para restablecer la estética y características geométricas de una estructura sin perder su capacidad portante. |
| Recuperación | Procedimiento para restaurar completamente la capacidad portante original de los elementos o de la estructura. |
| Refuerzo | Procedimiento para aumentar la capacidad portante de un elemento o de la estructura completa. |
| Protección | Procedimiento para controlar el ingreso de agentes dañinos al interior del concreto. |
| Reforma | Alteración de una edificación con o sin cambio de función para mejorar habitabilidad, uso y seguridad, sin ser una simple manutención. |
| Mantenimiento | Actividades para conservar o recuperar la capacidad funcional de la edificación y sus sistemas, garantizando seguridad y necesidades de los usuarios. |
| Intervención | Cualquier acción de rehabilitación, conservación o restauración basada en criterios de valor y autenticidad, con un enfoque multidisciplinario. |
| Conservación | Operaciones para mantener la construcción en su estado actual, permitiendo intervenciones limitadas para mejorar la seguridad. |
| Estado de conservación | Condición que indica pérdida de desempeño en elementos y equipos debido a anomalías, comprometiendo su función y la seguridad de los usuarios. |

Fuente: Adaptado de CARVALHO, (2018).

Entre la década de 1994 y 2004, ICOMOS llevó a cabo un análisis de las principales amenazas que afectan a los sitios patrimoniales, identificando factores clave como el deterioro, el crecimiento urbano, la explotación de recursos, el impacto del turismo, la falta de una gestión local eficaz, las transformaciones culturales y las

deficiencias en la infraestructura socioeconómica (XIAO *et al.*, 2018).

Frente a este panorama, se vuelve imprescindible no solo conocer los términos técnicos vinculados a la conservación, sino también identificar los deterioros específicos que afectan a las edificaciones históricas. Estas manifestaciones patológicas reflejan las huellas del tiempo, de las intervenciones pasadas y de factores ambientales o estructurales, y su comprensión resulta clave para orientar adecuadamente las estrategias de intervención.

2.1. Manifestaciones patológicas en edificaciones históricas

Como ya se ha comentado anteriormente, el patrimonio cultural edificado se enfrenta a constantes amenazas debido a factores antropogénicos, ambientales e intervenciones humanas (ADAMOPOULOS; RINAUDO, 2021). Estas amenazas incluyen factores como las condiciones ambientales y climáticas que pueden deteriorar los materiales de construcción (CAVALAGLI *et al.*, 2019; FONTENELE *et al.*, 2023; MOHAMED; MARZOUK, 2023; ÖZMEN; SAYIN, 2023; PINHEIRO *et al.*, 2024; PONCE-ANTÓN *et al.*, 2024). Factores naturales, como la exposición prolongada al tiempo, degradaciones biológicas y las intervenciones humanas que impactan tanto al entorno como al patrimonio (CRUZ *et al.*, 2015; KARIMI; MISHRA; LOURENÇO, 2024; RUSSO *et al.*, 2019; YU *et al.*, 2024).

Entender las manifestaciones patológicas permite un mantenimiento más eficaz, esto facilita identificar el origen y las posibles causas del deterioro estructural (RODRIGUES *et al.*, 2023).

Para identificar y tratar problemas estructurales en edificaciones, es fundamental conocer los términos asociados a las patologías constructivas. El siguiente cuadro proporciona una descripción clara de estos conceptos, facilitando la comprensión de los distintos tipos de irregularidades que pueden presentarse en una edificación y su impacto en el desempeño estructural y funcional. Conocer estas definiciones ayuda a establecer diagnósticos y fundamentar adecuadamente las decisiones técnicas de intervención.

Cuadro 2. Definiciones de términos en al área de patología.

| Término | Definición |
|--------------------------|---|
| Anomalía | Irregularidad que causa pérdida de desempeño en una edificación, pudiendo ser interna, funcional o externa. |
| Falla | Desgaste o irregularidad que impide que la edificación cumpla su función con un desempeño aceptable. |
| Vicio | Deficiencia en el proyecto, ejecución o mantenimiento que afecta el desempeño del producto o servicio. |
| Defecto | Anomalía que puede causar daños o riesgos a la salud y seguridad del usuario. |
| Manifestación Patológica | Expresión resultante de un mecanismo de degradación. |

| | |
|-----------|---|
| Daño | Pérdida material o moral debido a un vicio o defecto en el producto o servicio. |
| Patología | Ciencia que estudia las causas y mecanismos de las manifestaciones patológicas en construcciones. |

Fuente: Adaptado de CARVALHO, (2018).

Es de gran relevancia comprender las causas de las manifestaciones patológicas que afectan al patrimonio edificado. Por ejemplo, la construcción con adobe es una técnica muy antigua y utilizada a lo largo de la historia, donde pueden ocurrir daños por diversos factores, como un mal diseño, falta de mantenimiento, erosión o sismos, estas manifestaciones suelen presentarse en forma de grietas, paredes inclinadas, o incluso muros con partes colapsados (ASCENSÃO *et al.*, 2025).

En el cuadro 3 se describen algunas de las manifestaciones patológicas más comunes que afectan al patrimonio construido, según distintos autores en la bibliografía, lo que permite observar que muchos de estos problemas se encuentran relacionados con la humedad, así como los diversos factores que los provocan, desde problemas constructivos hasta condiciones ambientales y de mantenimiento.

Cuadro 3. Manifestaciones patológicas que más afectan al patrimonio edificado.

| Autores | Manifestación Patológica | Causas |
|---|---|--|
| (RESENDE <i>et al.</i> , 2022) | Humedad en muros, grietas estructurales, desprendimiento de revoque. | Intemperismo y filtración de agua, humedad ascendente. |
| (TORRES, 2018) | Humedad por capilaridad y eflorescencias salinas en muros histórico. | Absorción de agua subterránea por capilaridad en muros sin barrera antihumedad. |
| (RASZCZUK; KAROLAK, 2021) | Grietas extensas en muros portantes y bóvedas de iglesia histórica. | Asentamiento diferencial de cimientos. Condiciones heterogéneas del suelo y humedad subterránea. |
| (WANG; HUANG; FU, 2025) | Deterioro por humedad | Humedad, sales solubles, crecimiento de microorganismos y alteraciones fisicoquímicas. |
| (VERDUM <i>et al.</i> , 2021) | Grietas, desprendimientos, manchas de biodeterioro, microgrietas en pinturas. | Exposición climática, falta de drenaje adecuado, hongos. |
| (RUIZ VALERO; FLORES SASSO; PRIETO VICIOSO, 2019) | Manchas de humedad, grietas, deterioro del revestimiento | Infiltración de agua, condiciones climáticas, deficiencias en materiales de fachada y falta de mantenimiento |
| (TSILIMANTOU <i>et al.</i> , 2020) | Grietas, humedad, corrosión, pérdida de material, deterioro biológico | Humedad, cambios térmicos, ataques biológicos (hongos, moho) y factores atmosféricos |
| (TEJEDOR <i>et al.</i> , 2022) | Corrosión, grietas, daño biológico | Infiltración de agua, ataque biológico, estrés mecánico y condiciones ambientales desfavorables. |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| (SOLLA <i>et al.</i> , 2024) | Defectos estructurales (grietas, humedad, degradación de mortero) | Humedad, acción capilar, microorganismos y desgaste mecánico. |
| (SOLLA <i>et al.</i> , 2020) | Deterioro del revestimiento de mortero (grietas, desprendimiento, manchas) | Factores climáticos, humedad. |

Fuente: Autora, 2025.

Al evaluar el estado de conservación de un edificio histórico, el primer paso es llevar a cabo un levantamiento visual acompañado de un levantamiento geométrico y elaborar un mapa de daños (MOL *et al.*, 2020). La relevancia histórica de estos inmuebles justifica inversiones adicionales en su estudio, diagnóstico, evaluación y en los métodos de reparación que se empleen posteriormente (CRUZ *et al.*, 2015).

Un diagnóstico preciso en edificaciones patrimoniales permite seleccionar intervenciones adecuadas según sus características y necesidades específicas para fortalecer su estructura (RASZCZUK; KAROLAK, 2021).

2.2. Técnicas no destructivas (NDT) para la conservación del patrimonio

La valorización basada en criterios de autenticidad ha fomentado el desarrollo de técnicas orientadas al mantenimiento, recuperación y conservación, como la gestión de materiales de construcción originales y el monitoreo de la salud estructural para prevenir deterioros y detectar daños tempranos, dado que las tecnologías y técnicas para su estudio son altamente limitadas (ARCE *et al.*, 2018; LOMBARDO; SAELI; CAMPISI, 2023; MESQUITA, 2019; MOHAMED; MARZOUK, 2023).

Diversos métodos pueden ser empleados para evaluar al patrimonio, siendo los análisis destructivos y no destructivos fundamentalmente diferentes entre sí (SOLLA *et al.*, 2024; TEJEDOR *et al.*, 2022). Estas técnicas (ver Cuadro 4) se han convertido en las técnicas más utilizadas para analizar y supervisar edificios patrimoniales, algunas de ellas son el radar de penetración terrestre (GPR), la termografía infrarroja (IRT), escáner laser terrestre (TLS), entre otras (ALVARADO *et al.*, 2025; WANG; HUANG; FU, 2025; ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024).

La termografía infrarroja (IRT) sirve como base para detectar problemas como fisuras, grietas, infiltraciones y desgaste de rocas (WANG; HUANG; FU, 2025).

La tecnología de escaneo láser 3D permite obtener información detallada de los edificios, debido a su alta precisión, puede capturar millones de imágenes y crear modelos en 3D que ayudan a analizar su estructura con gran exactitud. Esto facilita estudios más profundos y mejora la planificación de restauraciones (LUO; WANG, 2024).

Cuadro 4. Técnicas no destructivas aplicadas en patrimonio.

| Autor | Área analizada | Técnicas empleadas |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| (ARTOPOULOS <i>et al.</i> , 2024) | Envoltente del edificio | Termografía infrarroja |

| | | |
|------------------------------------|-------------------------|--|
| (CORNARO <i>et al.</i> , 2023) | Envolvente del edificio | Termografía infrarroja, monitoreo ambiental |
| (PATRUCCO <i>et al.</i> , 2022) | Fachada | Termografía, fotogrametría, escaneo láser |
| (GARCIA-GAGO <i>et al.</i> , 2022) | Material y bóvedas | Escaneo láser, difracción de rayos X, SEM |
| (BOUZAS <i>et al.</i> , 2022) | Estructura | Análisis Modal Operacional (OMA) |
| (SOLLA <i>et al.</i> , 2024) | Envolvente del edificio | Termografía, escaneo láser, radar de penetración |
| (GODINHO <i>et al.</i> , 2020) | Envolvente del edificio | Escaneo láser, radar, vibración ambiental |
| (MOL <i>et al.</i> , 2020) | Vigas de madera | Fotogrametría, resistencia a perforación |

Fuente: NÚÑEZ; FLORES; SANTOS, (2024)

Las metodologías estudiadas resultan esenciales para lograr diagnósticos más precisos y menos intrusivos, sobresaliendo la combinación de termografía, escaneo láser y fotogrametría como las herramientas más eficaces en la protección del patrimonio cultural.

2.3. Digitalización y modelado del patrimonio arquitectónico

La documentación tradicional del patrimonio enfrenta limitaciones en el uso de software, la obtención de imágenes y las mediciones directas debido a la complejidad estructural y el estado de conservación de los inmuebles (GROETERLAARS, 2015).

Para las estrategias de conservación de los edificios históricos la ausencia de tecnologías de apoyo impide la elaboración de un modelo digital, por lo tanto, proyectos de restauración pueden carecer de un sustento científico sólido (ZHU *et al.*, 2025).

Los modelos 3D como representaciones digitales clave de objetos o estructuras, pueden generarse a partir de nubes de puntos obtenidas mediante escaneo láser, fotogrametría o tecnologías CAD (LI *et al.*, 2025).

La captura y el procesamiento de nubes de puntos mediante barrido láser o fotogrametría ofrecen un levantamiento rápido, preciso y detallado que, gracias a su alta precisión dimensional, optimiza el análisis, la conservación y la restauración tanto en edificaciones históricas como contemporáneas (BALLETTI *et al.*, 2016; GROETERLAARS, 2015).

La integración de fotogrametría con TLS y UAV ofrece resultados 3D más completos para objetos de gran complejidad (ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024). El escaneo láser terrestre (TLS) captura rápidamente datos de alta resolución en estructuras regulares y complejas, mientras la fotogrametría, tanto terrestre como con UAV, se adapta con flexibilidad a distintas condiciones, permitiendo una cobertura más amplia y sumando detalle en objetos de menor escala (LI *et al.*, 2025).

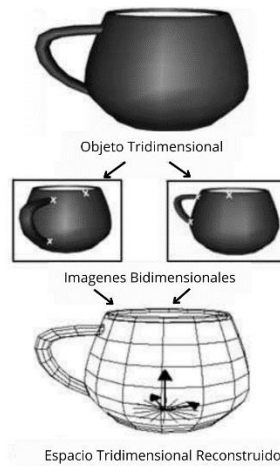
2.2.1 Fotogrametría

Actualmente, en el ámbito de la documentación y registro del patrimonio cultural, la fotogrametría es reconocida como una tecnología de gran relevancia y competitividad (BALLETTI *et al.*, 2016). Destacándose como una de las metodologías

más empleadas para obtención de datos y la elaboración de modelos 3D (ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024).

El objetivo de la fotogrametría es construir un espacio tridimensional (espacio-objeto) mediante un conjunto de imágenes bidimensionales originadas del registro de padrones de ondas electromagnéticas (espacio-imagen) sin la necesidad de contacto físico directo entre el sensor y el objeto analizado (COELHO; BRITO, 2007).

Figura 1. Fotogrametría



Fuente: Adaptado de COELHO; BRITO, (2007).

El espacio objeto es cualquier objeto tridimensional a ser capturado, el sensor puede estar posicionado en diferentes plataformas, para una reconstrucción tridimensional precisa, es ideal utilizar al menos dos imágenes capturadas de ángulos diferentes y con superposición, posibilitando la visión estereoscópica que mejora la exactitud en la restitución del espacio-objeto (COELHO; BRITO, 2007).

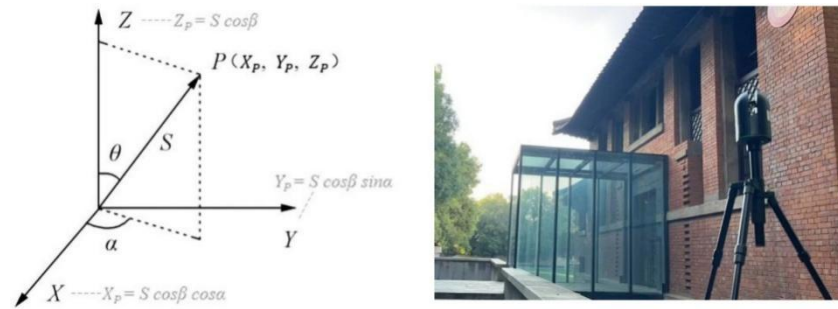
La fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados (UAV) emplea drones equipados con cámaras de alta resolución para capturar imágenes nadir y oblicuas. Las tomas inclinadas mejoran la visibilidad de fachadas y otras estructuras verticales, como muros de fortificaciones. Mediante vuelos planificados o manuales a baja altitud se obtienen las imágenes oblicuas, y su procesamiento con el software y algoritmos adecuados permite generar modelos 3D de gran precisión (ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024).

2.2.2 Escaneo Láser

Los escáneres láser terrestres permiten la generación de modelos 3D de elevada calidad de formaciones naturales, sitios arqueológicos, monumentos, estructuras y objetos a gran escala (ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024).

El escaneo láser 3D es una tecnología de alta precisión, utilizada para recopilar datos en estudios de patrimonio arquitectónico. A través de estaciones estratégicamente ubicadas, se escanea el edificio en todas direcciones (X, Y, Z), capturando millones de puntos de datos (LUO; WANG, 2024).

Figura 2. Principio de funcionamiento del escaneo láser 3D



Fuente: LUO; WANG, (2024).

El escaneo láser 3D envía un pulso láser desde un transmisor, que rebota en la superficie del objeto, permitiendo medir la distancia S al punto P . Al mismo tiempo, se registran los ángulos de escaneo α y β para ubicar con precisión cada punto en un sistema de coordenadas tridimensional (X, Y, Z) (LUO; WANG, 2024).

Estos datos, junto con la información de color (R, G, B) y reflectividad, permiten generar un modelo digital detallado. Gracias a su precisión, el escaneo láser 3D es fundamental para detectar problemas estructurales en edificaciones (LUO; WANG, 2024).

El escaneo láser terrestre ha ganado popularidad como medio para documentar el patrimonio por la precisión y calidad de datos que proporciona, sino también porque facilita realizar diagnósticos más completos y planificar de manera eficaz las intervenciones (ZACHOS; ANAGNOSTOPOULOS, 2024).

2.2.2 HBIM (Heritage Building Information Modeling)

En la actualidad la conservación y preservación del patrimonio se encuentra apoyado por herramientas digitales (QUATTRINI; BALEANI, 2015). La incorporación de tecnología BIM en las etapas finales del proceso de documentación amplía significativamente las posibilidades de uso y análisis de los datos recopilados sobre las edificaciones (GROETERLAARS, 2015).

El avance de las tecnologías de diagnóstico para edificios históricos facilita su mantenimiento, uso y conservación. Estos métodos modernos ayudan a identificar materiales y restaurar estructuras internas, especialmente en casos sin documentación existente (RASZCZUK; KAROLAK, 2021).

En el Patrimonio Cultural, el enfoque BIM permite crear modelos 3D que integran datos geométricos y no geométricos, como documentos históricos, estado de conservación y estructura. Un modelo 3D interoperable y detallado puede mejorar significativamente la gestión de bienes históricos (QUATTRINI; PIERDICCA; MORBIDONI, 2017).

La representación digital 3D y la reproducción exacta de los elementos arquitectónicos y estructurales son fundamentales para optimizar el ciclo de vida del edificio (BANFI, 2020). La metodología HBIM se ha vuelto igualmente fundamental

para promover la interoperabilidad y el trabajo colaborativo en equipos multidisciplinares (ver Cuadro 5).

Antes de intervenir estructuralmente una edificación patrimonial se recomienda hacer un modelo HBIM para analizar el estado técnico y estructural, además de almacenar datos históricos y actuales en archivos digitales (RASZCZUK; KAROLAK, 2021).

Cuadro 5. Modelo de Información aplicada a edificaciones históricas

| Autor | Método de adquisición | Aplicación |
|---------------------------------|---|---|
| (ARTOPOULOS et al., 2024) | Integración de HBIM con datos de sensoramiento remoto. | Estudio multi escala de ambientes urbanos históricos. |
| (CORNARO et al., 2023) | Levantamiento geométrico por medio de técnicas tradicionales. | Modelos de simulaciones para la mejora energética. |
| (SÁNCHEZ-APARICIO et al., 2023) | Nube de puntos 3D de láser escáner y Fotogrametría. | Detección de daños en construcciones patrimoniales. |
| (BANFI, 2020) | Fotogrametría, escáner láser, vehículos aéreos no tripulados. | Reconstrucción visual y realidad aumentada para sitios arqueológicos. |
| (CHELARU et al., 2024) | Nube de puntos obtenidos a través de láser escáner. | Gestión de conservación y restauración del patrimonio arquitectónico. |
| (PATRUCCO et al., 2022) | Imágenes térmicas, nubes de puntos de escáner láser, fotogrametría. | Estudio de edificios patrimoniales. |
| (GARCIA-GAGO et al., 2022) | Nubes de puntos obtenidos de escáner láser terrestre. | Diagnóstico de construcciones históricas |
| (BOUZAS et al., 2022) | Monitoreo estructural de construcciones de acero usando HBIM. | Uso de HBIM para controlar la salud estructural de construcciones patrimoniales. |
| (SOLLA et al., 2024) | Láser escáner, GPR, termografía infrarroja, imágenes RGB de VANT. | Gestión y documentación de edificios históricos. |
| (GODINHO et al., 2020) | Láser escáner terrestre (TLS) y VANT. | Modelos de gestión para datos históricos y estructurales para la conservación y análisis sísmico. |
| (MOL et al., 2020) | Escaneo Láser | Metodología para evaluación de estructuras de madera. |

Fuente: Adaptado de NÚÑEZ; FLORES; SANTOS, (2024)

El uso de modelos HBIM precisos, generados a partir de nubes de puntos, mejora significativamente diversas áreas del estudio y gestión de edificios patrimoniales (BANFI, 2020).

Para aplicar BIM a edificios históricos, es esencial considerar el nivel de detalle (LoD) y el nivel de información (LoI). Mientras el LoD define la representación visual de los elementos, el LoI incluye datos adicionales. Dado que estos edificios presentan detalles complejos, especialmente en ornamentaciones, el grado de detalle en HBIM debe adaptarse según el propósito del modelo (GARCIA-GAGO *et al.*, 2022).

3 TEMPLO DE SAN BUENAVENTURA: UNA APROXIMACIÓN AL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Diez Gálvez, (2022) destaca que aún existen muchas incógnitas sobre la historia del templo de Yaguarón, lo que resalta la necesidad de realizar estudios científicos sobre los materiales y las técnicas constructivas utilizadas en la edificación, fundamentales para cualquier intervención en el ámbito patrimonial.

Estudiar y caracterizar los materiales de construcción originales brinda información clave para planificar intervenciones de conservación o preservación, sin comprometer el valor histórico y arquitectónico del edificio, así como el valor artístico de los elementos decorativos (PONCE-ANTÓN *et al.*, 2024).

Este capítulo busca contextualizar el templo San Buenaventura, resaltando su importancia histórica y su papel en la identidad cultural de Paraguay. Comprender el pasado de la edificación permite apreciar su relevancia, no solo como una obra maestra arquitectónica sino como un símbolo del patrimonio de la comunidad.

3.1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL TEMPLO

Yaguarón, ciudad destacada por su arte, cultura y esencia del pueblo guaraní, alberga un valioso patrimonio histórico: el Templo de San Buenaventura, considerado por muchos una joya arquitectónica que simboliza la fe y la resistencia cultural de la comunidad, cuya historia e intervenciones que ha recibido, resaltan la importancia del conocimiento de prácticas y técnicas de conservación y restauración.

El templo de San Buenaventura de Yaguarón (ver Figura 4), ubicado en el Departamento de Paraguari, es considerado el ejemplo más representativo de las iglesias paraguayas del siglo XVIII (GOULÃO, 2010).

El nombre de la ciudad de Yaguarón tiene su origen en el idioma guaraní y está asociado a diversas interpretaciones. Según el museólogo Walter Fernando Diaz Ayala³ el nombre de la ciudad proviene de una contracción lingüística derivando de “*Jagua Guahu*”, posiblemente “*Jagua Guasu*” o “*Jagua Ñaro*”⁴, que con el tiempo se convirtió en Yaguarón donde su traducción resulta en Gran Perro, la partícula “ron” en el guaraní indica aumento, reforzando así la idea de “un perro muy grande”, se relata que esta asociación se debe a la sombra proyectada por el Cerro Yaguarón (ver Figura 3) al atardecer, que vista desde el valle, refleja la silueta de un perro de gran tamaño en pie.

³ Walter Fernando Diaz Ayala, Museólogo, Profesor universitario en la Cátedra de Historia del Paraguay de la UNA, concedió la entrevista el día 01/03/2025. Las cuestiones pueden ser consultadas en el Apéndice A

⁴ Jagua= Perro, Guahu= aullido, Guasu=grande, Ñaro=bravo

Figura 3. Cerro de Yaguarón en la parte trasera del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Otra interpretación sugiere que proviene de “*Jaguaru*”⁵, un perro de gran tamaño que infundía temor en la región. A su vez, otra teoría indica que el nombre rinde homenaje al cacique *Ñaguarú*, un destacado líder indígena de la zona. Con el paso del tiempo, y bajo la influencia de la lengua española, el nombre evolucionó hasta convertirse en “Yaguarón” (MUNICIPALIDAD DE YAGUARÓN, 2021).

La fecha exacta de fundación de la misión de San Buenaventura de Yaguarón sigue siendo incierta, entre los años 1580 y 1615 fue fundada por los misioneros franciscanos en el contexto de la expansión misionera en las regiones de Paraguay y Corrientes (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Alrededor de 1616 se construyó la iglesia primitiva de Yaguarón, que hacia mediados del siglo XVII presentaba un deterioro considerable, lo cual llevo a la decisión de construir un nuevo templo religioso (GOULÃO, 2010).

Construido en el siglo XVIII, el Templo San Buenaventura se presenta como un testimonio de la ingeniosidad arquitectónica y expresión artística de la época. Edificado bajo la guía de misioneros franciscanos, su diseño combina elementos del barroco con influencia indígena guaraní, reflejada en las detalladas tallas de madera y la rica ornamentación (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

⁵En el idioma guaraní “Jagua” significa perro, y “Ru” lleva el significado de padre.

Figura 4. Fachada principal Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Autora, 2024.

Originalmente, el Templo se proyectó para ser construido con gruesos muros de piedra y bóvedas de mampostería, con una nave más larga que la actual, y posiblemente con crucero y cúpula. Sin embargo, este diseño fue abandonado debido a la inviabilidad económica y técnica para la comunidad local. En su lugar, se optó por una estructura más accesible (ver Figura 5), siendo así un esqueleto de madera, muros de adobe y un techo a dos aguas, siguiendo el “estilo general de la provincia” (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

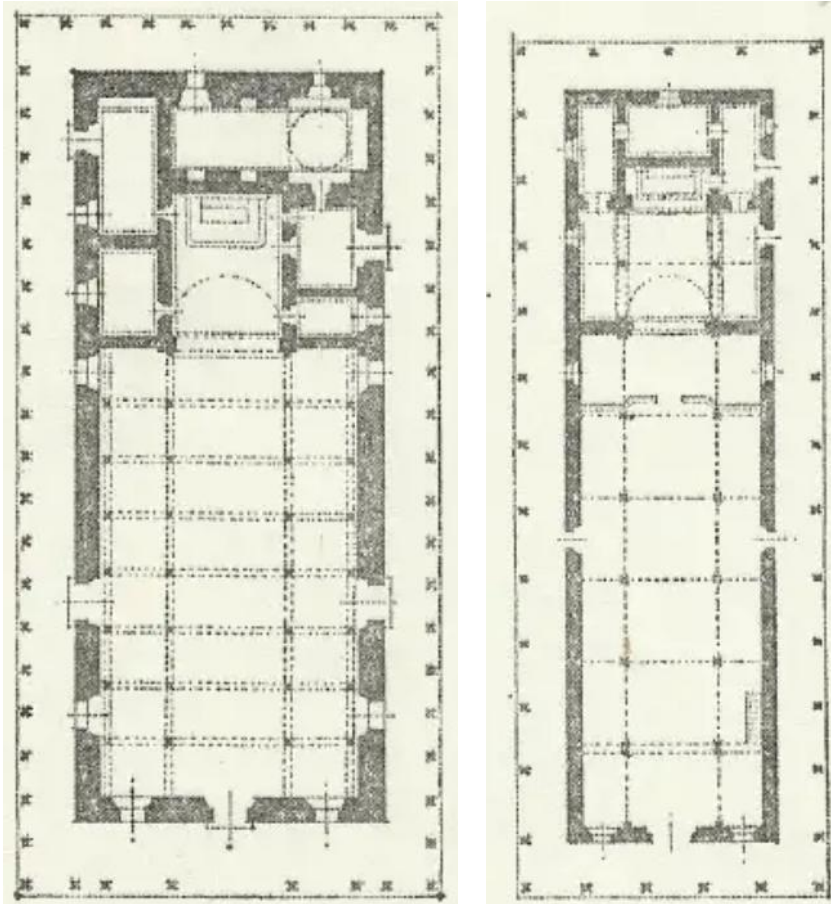
De manera similar, las iglesias de las reducciones del siglo XVII se distinguían por una estructura principal estaba formada madera que sostenían el peso del techo, mientras que los muros eran construidos en adobe, tapial o encofrado, que servían únicamente para cerrar el espacio interior, completando de esta forma el conjunto de los techos a dos aguas y los amplios corredores que rodeaban el edificio (PLA, 1975a).

Según la autora Diez Gálvez, (2022) el cambio de los planos también afectó a los cimientos, que fueron construidos con piedra y alcanzaron poco más de una vara⁶ de altura antes de que el gobernador de la época ordenara adaptar el diseño a las posibilidades de los pobladores.

La estructura se caracteriza por varias filas de horcones enterrados que soportan el techo, liberando a los muros de una función portante y permitiendo la inclusión de los característicos corredores de la época (ver Figura 6).

⁶ Una vara equivale a 0.836 metros

Figura 5. Planta baja del Templo Yaguarón a la izquierda, a su derecha del Templo de Capiatá



Fuente: GIURIA, (1960)

Figura 6. Corredor del Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Autora, 2025.

El cambio en los materiales, de piedra a mampostería, genera un contraste en la forma y apariencia de la base (ver Figura 7), destacando el carácter adaptativo de la construcción en respuesta a los recursos disponibles.

Figura 7. Formato de la base del Templo de San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Autora, 2024.

La iglesia presenta una planta rectangular y una estructura principal de madera, rodeada por galerías en sus cuatro fachadas que se integran con la plaza central (ver Figura 8). En el interior, cuenta con tres naves separadas por columnas de madera con soportes tallados y pintados, y un techo a dos aguas cuyas vigas se encuentran a la vista, formando un artesanado decorado (ver Figura 9) (GOULÃO, 2010).

Figura 8. Fachada norte Templo de San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Figura 9. Interior del Templo San Buenaventura



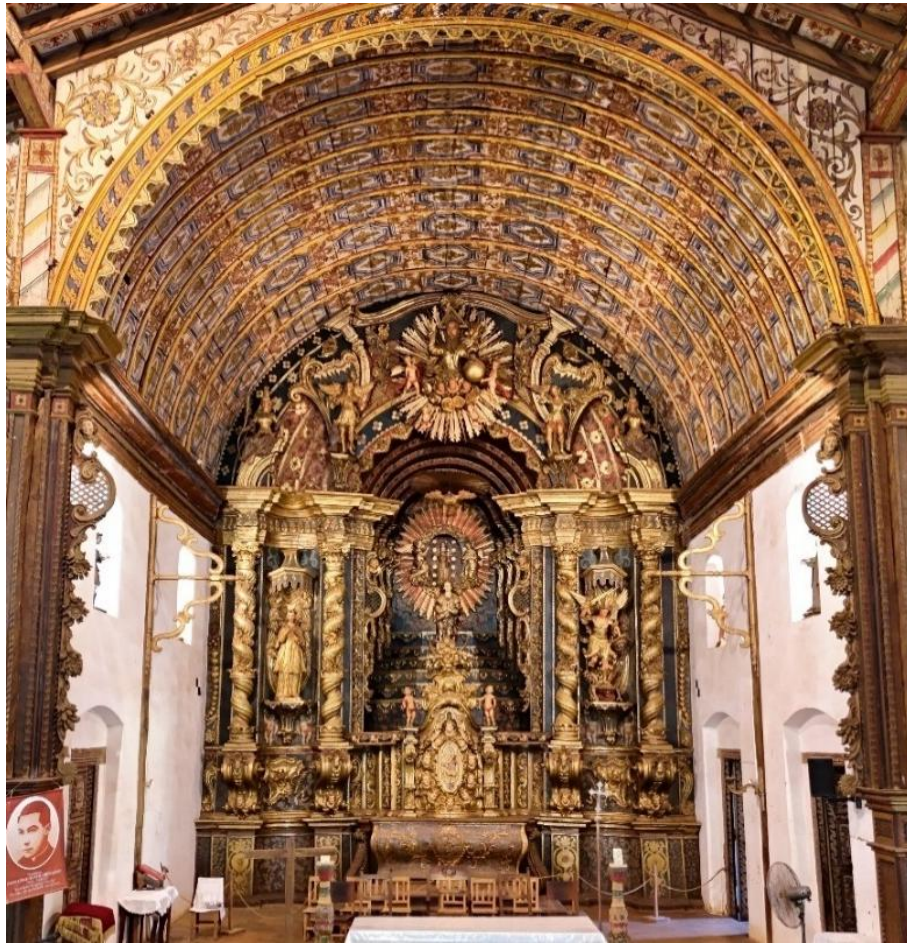
Fuente: Autora, 2025.

En comparación con otras iglesias católicas, este templo no presenta un ábside semicircular ni poligonal, rasgo que le confiere una configuración espacial próxima a la de un templo helénico. La cubierta se apoya en postes de madera de $0,36 \times 0,36$ m y carece de cielo raso, lo que deja expuesta la estructura de vigas, la cual remite al sistema de par y nudillo presente en algunas iglesias españolas. En la parte superior de estos apoyos destacan bordes salientes finamente trabajados que, además de contribuir al embellecimiento del espacio interior, cumplen una función estructural (GIURIA, 1960).

Los muros exteriores de la iglesia no cumplen una función estructural, sino que solo delimitan el espacio interior, lo que pone en evidencia el papel central de la estructura de madera en la estabilidad del edificio. Este método constructivo se puede comparar al sistema moderno de columnas y vigas de hormigón armado (GIURIA, 1960).

En la capilla mayor (ver Figura 10), el artesonado presenta una estructura más compleja, con la forma de una bóveda de cañón seguido, en contraste con el techo de dos aguas que cubre el resto de la iglesia (GIURIA, 1960). Esta capilla, al estilo de las iglesias luso-brasileñas, se caracteriza por ser profunda y estar cubierta con una bóveda de cañón de madera, delimitada por espacios laterales (GOULÃO, 2010).

Figura 10. Altar mayor del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Detrás del altar mayor se encuentra la capilla-sacristía, que también cuenta con una bóveda de cañón y una falsa cúpula de madera. Tanto este artesonado como las puertas y ventanas talladas con relieve conservan una decoración policroma con motivos locales, como guirnaldas de helechos y flores autóctonas (ver Figura 11) (GOULÃO, 2010).

La sacristía (ver Figura 12) se destaca como una pequeña capilla de una sola nave, cubierta por una falsa bóveda de cañón seguido, cuidadosamente construida, que resalta el trabajo artesanal y el dominio técnico de su construcción (GIURIA, 1960).

Figura 11. Tallado y pintura de la puertas y ventanas del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

A pesar de las diferencias constructivas, ambas bóvedas tienen en común el uso de tablonces de madera clavados por dentro para ocultar la estructura, una práctica común en Brasil. Aunque no se conoce la fecha exacta de su construcción, se ha confirmado que existían antes de la instalación del retablo en la cabecera de la

sacristía, donde se aprecia la influencia del escultor portugués. Además, presentan detalles técnicos similares al retablo mayor, como el avellanado de la madera para facilitar la entrada diagonal de los clavos y el tallado escalonado de las hornacinas, que simula la profundidad lograda por las arquerías en la bóveda del nicho central del retablo principal (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

La sacristía es una planta de cruz latina con brazos cortos, con posición perpendicular a la nave principal. Posee un cielo falso, con bóvedas sobre los brazos y una cúpula formada por 16 gajos triangulares en la zona del crucero. A diferencia del presbiterio, los arcos están ensamblados con piezas de diferentes tamaños y ensambles, formando así una estructura autoportante que no se ancla directamente a la techumbre (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 12. Sacristía del Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Diez Gálvez, 2004 (extraído del periódico El Nacional).

Diez Gálvez, (2022) explica que durante los siglos XVII y XVIII, era común que los edificios religiosos se finalizaran con bóvedas y cúpulas, utilizando estructuras de madera cuando la mampostería no era una opción viable. Esta práctica se adoptó tanto en el ámbito jesuita como en el diocesano, con ejemplos en las iglesias de Yaguarón, Capiatá y Valenzuela⁷ (ver Figura 13), inspiradas en técnicas desarrolladas por el jesuita Lemaire en Córdoba (Argentina), estas bóvedas poseen influencias de las tradiciones portuguesas y brasileñas, lo que sugiere una posible intervención del escultor Cavadas, quien trabajó previamente en Minas Gerais.

⁷ En las iglesias de Capiatá y Valenzuela se conservan ejemplos destacados de la obra del escultor portugués José de Souza Cavadas

Figura 13. Altares de las iglesias de Yaguarón, Capiatá y Valenzuela.



Fuente: Autora 2025

Fuente: SNC, 2020.

Fuente: La Nación, 2025.

El artista portugués José de Souza Cavadas fue el responsable por la decoración en el interior de la iglesia de Yaguarón, incluyendo el retablo mayor, y los retablos de las naves laterales (ver Figura 14), que posteriormente, en 1854 fueron trasladados a otras iglesias por órdenes superiores (DIEZ GÁLVEZ, 2022). Este templo es considerado una obra matriz, ya que tuvo una gran influencia en la arquitectura religiosa del siglo XVIII en Paraguay. En Yaguarón, en pleno entorno selvático y en una región mayormente habitada por población indígena, se creó un conjunto de talla barroca joanina con elementos de transición hacia el estilo rocaille⁸ que comenzaba a despuntar en Europa (GOULÃO, 2010).

Figura 14. Montaje de los altares laterales de Yaguarón.



Fuente: ABC Color, 2012.

En el templo solo se conservan dos de los cuatro retablos laterales originales, ambos de pequeñas dimensiones y con una estructura similar de tres nichos delimitados por pilastras, aunque se diferencian en la parte superior. Uno de ellos, cuenta con un remate más alto y curvado, presentando un ático ondulado decorado con motivo de plumas (ver Figura 15), junto con pilastras curvadas coronadas con racimos de flores tropicales (GOULÃO, 2010).

⁸ El estilo rocaille, vinculado al rococó, representa una transición del barroco tardío hacia formas más ligeras y ornamentales, con un énfasis en la asimetría y los motivos naturales

Figura 15. Retablos laterales actuales en el Templo de San Buenaventura.



Fuente: Autora 2025

Los otros dos retablos laterales (ver Figura 16) fueron trasladados en 1854 a la iglesia de la Santísima Trinidad en Asunción, argumentándose que estaban “por demás” en el Templo de Yaguarón, fueron tomadas medidas y detalles de los retablos para transporte, desmontaje y envío en 16 carretas (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Estos retablos se destacan por tamaño, estructura y decoración, lo que confirma que formaban parte del conjunto original de la iglesia de San Buenaventura. Comparten el mismo estilo decorativo del retablo mayor, realizado por Sousa Cavadas, con un alto nivel de detalle en la ornamentación. Sus columnas retorcidas están adornadas con guirnaldas de flores en los dos tercios superiores, separadas de la base por anillos de hojas de acanto. Además, cuentan con un entablamento curvilíneo y un frontón interrumpido en su arranque, manteniendo motivos vegetales de inspiración local (GOULÃO, 2010).

Figura 16. Retablos trasladados



Fuente: MACHADO, (2005) Fuente: El Nacional, 2023.

Este proceso artístico también fue resultado del mestizaje, ya que los artesanos indígenas locales daban forma a los diseños del maestro portugués. Este método de trabajo se replicó en otras iglesias, como en la de Capiatá, donde dicho mestizaje resulta aún más evidente. Con el tiempo, el estilo barroco traído de Portugal se fue expandiendo por otros templos de la región, adaptándose al gusto local y a la formación de artesanos indígenas, dando lugar a un estilo único (GOULÃO, 2010).

El coro (ver Figura 17), se ubica en la parte frontal del templo y es sostenido por columnas cuadradas, posee un techo de vigas y viguetas visibles decoradas con pinturas, que igualan en belleza con las del resto de la iglesia. Además, tiene tallado en madera de elevado valor artístico, cuyos detalles merecen ser destacados (GIURIA, 1960).

Figura 17. Coro del Templo San Buenaventura de Yaguarón.





Fuente: Autora, 2024.

Un elemento singular de esta iglesia es el arco interior ubicado en el depósito sur (ver Figura 18), que se parece a un arbotante, se apoya contra una pilastra adosada al muro del presbiterio. Este arco no parece encajar con el estilo arquitectónico del templo y, hasta ahora, su función y origen histórico no han sido explicados (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 18. Arco interior del depósito sur en el Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Autora, 2025.

3.2. INFLUENCIAS ARQUITECTÓNICAS: FRANCISCANOS Y CULTURA GUARANÍ

El templo tiene una apariencia sencilla por fuera, lo que contrasta fuertemente con su interior (ver Figura 19), donde la decoración barroca es rica y detallada. La policromía de las columnas y soportes, los paneles decorados de la sacristía y la capilla mayor, junto con el mobiliario intensamente colorido, crean un ambiente

visualmente impactante. La combinación de pintura mural y escultura barroca refuerza aún más este efecto. Probablemente, este estilo respondía al gusto de los feligreses de la época, ya que en la región era común que las iglesias tuvieran una arquitectura exterior simple, pero con una decoración interior elaborada y detallada (GOULÃO, 2010).

Figura 19. Interior del Templo San Buenaventura de Yaguarón.



Fuente: Autora, 2025.

El retablo del altar mayor (ver Figura 20), tallado en maderas locales, sigue las características del estilo portugués de la época. Se distinguen por sus formas onduladas, las columnas retorcidas, un ático de formas curvas, el camarín y los nichos con cortinas talladas, además de cartelas decorativas con detalles rococó (GOULÃO, 2010).

Figura 20. Altar mayor del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2024.

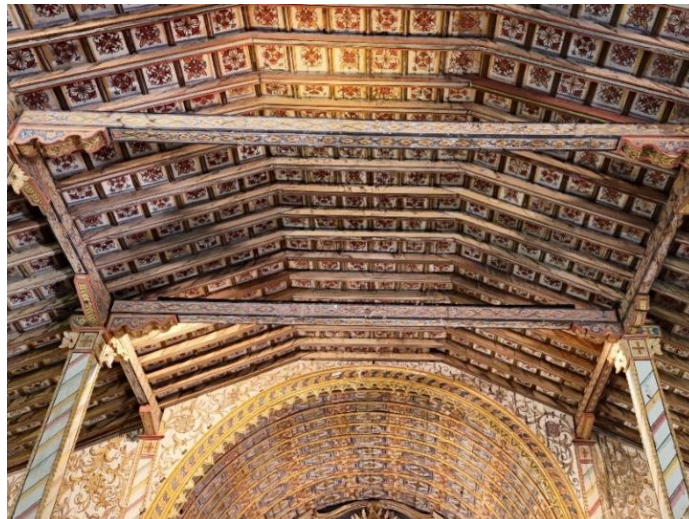
La importación de colores, así como de pan de oro y plata, fue una práctica común en América desde los inicios de la época colonial, abarcando tanto las ciudades como las misiones y comunidades indígenas (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

El techo artesonado de la nave principal, así como de las naves laterales, bóvedas y cúpula están totalmente decorados con motivos policromos (ver Figura 21). Entre los cuales se destacan representaciones de la flora local, como guirnaldas de Amambay (helecho), flores autóctonas como las del mburucuyá (pasiflora o maracuyá) (ver Figura 22), además de patrones geométricos que forman casetones octogonales alternados con cabezas de querubines (ver En la Figura 25 se aprecia que la cubierta interior del templo se resuelve mediante un artesonado de madera expuesto, cuya decoración policroma organiza visualmente la nave a partir de una secuencia modular de paneles.

Según Goulão, este techo forma parte de un interior intensamente ornamentado, con presencia de motivos geométricos, flora local y relaciones formales con otros elementos del programa decorativo del templo, lo que refuerza la unidad estética del conjunto. Sin embargo, a la luz de los estudios de historia material, esta imagen debe interpretarse considerando que la policromía actualmente observable fue objeto de intervenciones y redecoraciones en el siglo XX, de modo que su estado presente no puede asumirse de manera automática como plenamente original (GOULÃO, 2011; DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 23) (GOULÃO, 2010), que son tablas pintadas colocadas por debajo de los arcos.

Figura 21. Techo artesonado de la nave principal, naves laterales y la cúpula del templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Figura 22. Flores autóctonas en el techo artesonado del Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: Autora, 2024.

En la Figura 25 se aprecia que la cubierta interior del templo se resuelve mediante un artesanado de madera expuesto, cuya decoración policroma organiza visualmente la nave a partir de una secuencia modular de paneles.

Según Goulão, este techo forma parte de un interior intensamente ornamentado, con presencia de motivos geométricos, flora local y relaciones formales con otros elementos del programa decorativo del templo, lo que refuerza la unidad estética del conjunto. Sin embargo, a la luz de los estudios de historia material, esta imagen debe interpretarse considerando que la policromía actualmente observable fue objeto de intervenciones y redecoraciones en el siglo XX, de modo que su estado presente no puede asumirse de manera automática como plenamente original (GOULÃO, 2011; DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 23. Casetones octogonales con querubines en el techo de la capilla mayor del Templo San

Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Se sabe que en algún momento las paredes estuvieron decoradas con pinturas, las cuales se perdieron bajo una capa de pintura aplicada en 1919 (GOULÃO, 2010). Según el museólogo Walter Fernando Díaz Ayala⁹ las paredes de la iglesia nunca fueron blancas, la iglesia estaba revestida con frescos de la época, todo el exterior se encontraba pintada de imágenes que recreaban la labranza de la tierra, el cuidado del ganado, los oficios, el trabajo del carpintero, del artesano entre otros.

En el interior, las paredes mostraban escenas del Antiguo Testamento por un lado y del Nuevo Testamento por el otro, con el fin de instruir la fe de los indígenas. Además, antiguas fuentes como Masterman, 1870 relatan que las paredes estaban decoradas con escenas de las Escrituras y de la vida de los santos, mientras que el mayor refinamiento artístico se encontraba en los altares y relicarios, elaborados con un trabajo más minucioso.

Figura 24. Vestigios de pintura en la Sacristía del Templo de San Buenaventura.

⁹ Walter Fernando Díaz Ayala, Museólogo, Profesor universitario en la Cátedra de Historia del Paraguay de la UNA, concedió la entrevista el día 01/03/2025. Las cuestiones pueden ser consultadas en el Apéndice A



Fuente: Autora, 2025.

En la iglesia de Yaguarón, la policromía combina colores importados y materiales locales. Según una lista de inventario del año 1772, se utilizaron pigmentos finos como el azarcón (un tono naranja a base de plomo), que aún es visible en algunas estructuras como el comulgatorio, los pilares del presbiterio, las puertas interiores y cielo falso, aunque en muchos casos están ocultos bajo repintes. También se usaba el albayalde o blanco de plomo, un pigmento blanco muy común hasta el siglo XIX, que probablemente fue usado en las esculturas, retablos y carpintería original (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Diez Gálvez, (2022) menciona si bien no existe una documentación precisa sobre los colores "superfinos" almacenados en la época, los análisis de laboratorio realizados en el retablo de la sacristía (ver Figura 25) revelaron la presencia pigmentos como el verde de cobre (malaquita o cardenillo), el bermellón y, con cierta probabilidad, el azul ultramar. Lo que hace especial a Yaguarón es la notable cantidad de estos pigmentos importados, que superaba los once kilos y medio.

Figura 25. Detalles del altar de la Sacristía del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Cuadro 6. Pigmentos de origen mineral

| Nombre científico (composición) | Color |
|--|--------------|
| Albayalde (Carbonato básico de plomo) | Blanco |
| Azarcón (Tetraóxido de plomo) | Naranja |
| Bermellón (Sulfuro de mercurio) | Rojo intenso |
| Verde de cobre (Malaquita/Cardenillo) | Verde |
| Azul ultramar (Lapislázuli o pigmento sintético) | Azul |

Fuente: Adaptado de DIEZ GÁLVEZ, (2022).

Los análisis químicos revelan que las policromías del cielo falso de la sacristía utilizaron pigmentos locales como ocre, marrones y rojos provenientes de óxidos de hierro, creando una mezcla de tonos notablemente rica (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Aunque algunos investigadores plantean que los colores en el interior de la iglesia de Yaguarón son únicamente de origen vegetal, esta hipótesis no cuenta con pruebas documentales, y los estudios de laboratorio solo confirman la presencia de óxidos de hierro, con la única excepción en el azul del retablo, que podría tener un origen orgánico (DIEZ GÁLVEZ, 2022). De entre los colorantes vegetales utilizados se mencionan el yrybú retyma para el color negro, la yerba mate para el verde, y el urucú para el rojo, sin embargo, sería interesante realizar un análisis científico para confirmar

esta información (PLA, 1975b).

Cuadro 7. Pigmentos de origen vegetal

| Nombre | Color |
|--|-------|
| Yrybú retyma (<i>Porophyllum ruderale</i>) | Negro |
| Urucú (<i>Bixa orellana</i>) | Rojo |
| Yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i>) | Verde |

Fuente: Adaptado de PLA, (1975b)

Figura 26. Planta del urucú (*Bixa orellana*) para dar el color rojo en la policromía del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

El añil de origen vegetal, y la grana o carmesí, de origen animal son mencionados en el documento de 1772, eran utilizados más como tintes que como pigmentos. Lo más probable es que estos colores se hayan empleado para teñir los textiles fabricados por la comunidad, junto con el llamado “alumbre de la tierra”, un material empleado para fijar los colores en las telas (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Diez Gálvez, (2022) menciona que en el documento de 1772 se registraron 714 libros de pan de oro y 30 de pan de plata, lo que permitía su uso en grandes superficies. En Yaguarón, el pan de oro se aplicó en parte del vestuario de la imagerie, en tallas decorativas del presbiterio y en los adornos de los retablos, donde también se usó pan de plata.

3.3. PATRIMONIO Y TURISMO: EL VALOR SIMBÓLICO Y CULTURAL DEL TEMPLO

Hasta 2016, la protección del patrimonio cultural en Paraguay estaba regulada

por la Ley 946/1982, la cual fue reemplazada por la Ley 5621/2016. Esta nueva ley establece un Sistema Nacional de Protección del Patrimonio, que incorpora sanciones para quienes dañen bienes patrimoniales y promueve la coordinación entre distintos niveles de gobierno para su preservación (PARAGUAY, 2016).

En 2003, el Congreso de Paraguay declaró al Templo de San Buenaventura como Patrimonio Histórico Nacional bajo la Ley 2206 (PARAGUAY, 2003). Esta ley establece que el Poder Ejecutivo debe garantizar su conservación en coordinación con las autoridades eclesiásticas. De la misma forma el Templo San Buenaventura de Yaguarón se encuentra en la lista indicativa desde 2022 para ser declarada como patrimonio de la humanidad (ver Figura 27).

Figura 27. Placa de inclusión a la lista de declaración de patrimonio de la humanidad.



Fuente: Autora, 2024.

Actualmente, el templo se encuentra protegido bajo la legislación paraguaya, destacándose como un bien de interés histórico y artístico que requiere medidas de restauración y mantenimiento constantes.

Además de su importancia histórica y religiosa, el Templo de San Buenaventura se ha convertido en un atractivo para el turismo cultural en la región. Su riqueza en el tallado de madera, artesanado policromado y estructura, lo convierte en un destino para quienes buscan explorar el legado artístico de la época colonial en Paraguay.

Yaguarón es conocida como la cuna de los mitos y leyendas, ofrece varios circuitos turísticos entre las cuales incluyen visitas al Templo de Yaguarón, olería, museo Dr. Francia, museo de la memoria, escalada al cerro Yaguarón entre otras actividades (MUNICIPALIDAD DE YAGUARÓN, 2021).

Según el museólogo Walter Fernando Díaz Ayala¹⁰ la festividad del Kurusu San

¹⁰ Walter Fernando Díaz Ayala, Museólogo, Profesor universitario en la Cátedra de Historia del Paraguay de la UNA, concedió la entrevista el día 01/03/2025. Las cuestiones pueden ser consultadas en el Apéndice A

Roque (ver

Figura 28) tiene sus raíces en las antiguas celebraciones patronales en las Ruas, donde las personas acostumbran a vestir de Kamba¹¹, danzando y acompañando al ritmo de la histórica banda Peteke Peteke¹², una banda muy antigua de Yaguarón.

Figura 28. San Roque Patrono de la Iglesia primitiva de Yaguarón.



Fuente: Autora, 2025.

El Kurusu¹³ San Roque es una reliquia de una antigua familia, el bastón de San Roque comenzó a deteriorarse con el tiempo, por lo que el Sacerdote decidió reemplazarlo, una mayordoma solicitó encarecidamente el bastón para realizar una cruz pidiendo la bendición del sacerdote. El sacerdote accedió y bendijo la petición, permitiendo que se hicieran tres pequeñas cruces con los restos del bastón.

En síntesis, este capítulo permitió reunir y sistematizar los principales elementos arquitectónicos, históricos, culturales y sociales que sustentan el valor patrimonial del Templo San Buenaventura de Yaguarón. A partir de esta caracterización, se definieron los rasgos formales, constructivos y simbólicos más relevantes del bien, así como su vinculación con la memoria colectiva, las prácticas devocionales y la dinámica cultural de la comunidad. De este modo, el análisis realizado no solo contextualiza la importancia del templo dentro del patrimonio religioso paraguayo, sino que también establece la base conceptual necesaria para comprender su materialidad, sus singularidades constructivas y las condiciones

¹¹ El kamba hace referencia a las personas que se pintan el rostro y cuerpo de negro, utilizando atuendos coloridos.

¹² Peteke Peteke es el nombre de una banda tradicional de Yaguarón, conocida por su papel en las festividades religiosas del pueblo. Disponible en: <https://www.yaguaron.gov.py/banda-peteke-peteke-simbolos-de-nuestra-ciudad-de-yaguaron/>

¹³ Kurusu es un término en guaraní que significa cruz.

generales que inciden en su conservación.

En continuidad con lo expuesto, el Capítulo 4 presenta la metodología adoptada para el levantamiento, registro y sistematización de la información del templo, así como para su documentación digital y la evaluación de su estado de conservación. En esta etapa se describen los procedimientos empleados para la inspección visual, el relevamiento fotogramétrico, la organización de los datos obtenidos y la definición de criterios de análisis aplicados al diagnóstico del bien. Así, la metodología constituye el soporte técnico que articula la comprensión histórica y arquitectónica desarrollada en este capítulo con la fase posterior de identificación de manifestaciones patológicas y formulación de indicadores de conservación.

4 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DIGITAL

La metodología de levantamiento de información y documentación digital se fundamenta en la integración de técnicas de captura de datos, procesamiento digital y análisis de información con el objetivo de documentar de la manera más real posible el estado actual del templo San Buenaventura de Yaguarón.

Este proceso combina herramientas tecnológicas como lo son las técnicas no destructivas (NDT), para generar un modelo detallado que permita evaluar las características estructurales y las manifestaciones patológicas presentes en el edificio.

La metodología MIVES se considera en esta investigación únicamente como referencia organizativa para estructurar jerárquicamente la información diagnóstica en requerimientos, criterios e indicadores. Su incorporación no implicó la aplicación integral del modelo multicriterio, ya que en este trabajo no se desarrollaron funciones de valor, escenarios comparativos, agregación matemática ni un índice global final. En consecuencia, MIVES se utilizó como apoyo conceptual para ordenar y jerarquizar los hallazgos derivados de la inspección visual y del análisis técnico del caso de estudio, quedando su operacionalización completa como línea de trabajo futuro.

Figura 29. Metodología empleada en este trabajo



Fuente: Autora, 2025.

Siguiendo la metodología del ICOMOS descrita por MESQUITA et al., (2016) para evaluación de construcciones históricas en la Figura 30. Cada etapa está diseñada para garantizar la preservación del patrimonio cultural.

Figura 30. Metodología de evaluación para construcciones históricas propuesta por el ICOMOS.



Fuente: Adaptado de MESQUITA et al., (2016)

La metodología se divide en cuatro etapas principales: Análisis documental, caracterización estructural, diagnóstico y adopción de medidas de intervención.

MESQUITA et al., (2016) menciona que esta metodología puede ser ajustada caso sea necesario a causa de los criterios de las políticas locales de preservación del patrimonio.

4.1. ANÁLISIS DOCUMENTAL

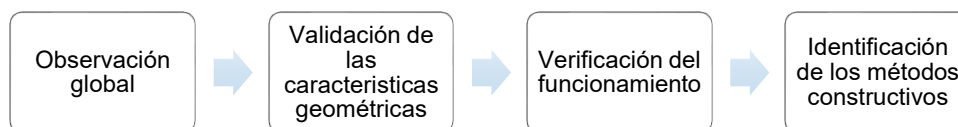
El análisis documental constituye la primera etapa de evaluación de las construcciones históricas, teniendo el objetivo de reunir las informaciones sobre su construcción, intervenciones pasadas y características generales, este levantamiento permite comprender la localización, dimensiones, tipologías y propiedades estructurales de la edificación, además de analizar los registros técnicos e históricos, buscando definir el nivel de intervención adecuado teniendo en cuenta los límites de alteraciones posibles que preserven su identidad original (MESQUITA *et al.*, 2016).

Para el análisis documental del Templo San Buenaventura fueron realizadas búsquedas en plataformas digitales, de igual manera en Bibliotecas nacionales, así como también se realizaron entrevistas a historiadores de la comunidad, buscando realizar una cronología de todas las restauraciones en las que se ha intervenido a la estructura de la edificación, además de la búsqueda de fotografías antiguas que plasmen alguna información sobre el Templo en el paso del tiempo.

Un recurso clave de esta fase fue el estudio realizado por la Dra. María José Diez en su artículo denominado “Historia Material de la Iglesia de San Buenaventura de Yaguarón”. Diez fue la encargada de dirigir el equipo de especialistas nacionales e internacionales para el levantamiento de un nuevo protocolo de intervención del Templo.

Antes de pasar a la segunda etapa, caracterización estructural, se realiza la inspección de la edificación, esto consiste en validar la información obtenida durante el análisis documental.

Figura 31. Objetivos de la etapa de inspección de predios históricos

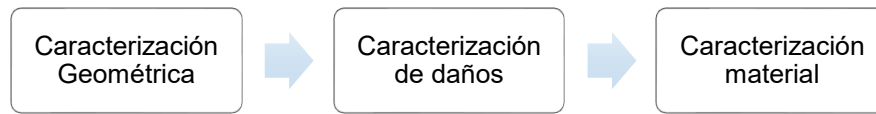


Fuente: Adaptado de MESQUITA et al., (2016)

4.2. Caracterización estructural

La caracterización estructural es el proceso de recopilación y análisis de información detallada sobre una construcción histórica con el objetivo de documentar sus características y complementar los datos obtenidos a partir del análisis documental y la inspección, como base para una posible evaluación estructural.

Figura 32. Etapas de la caracterización estructural.



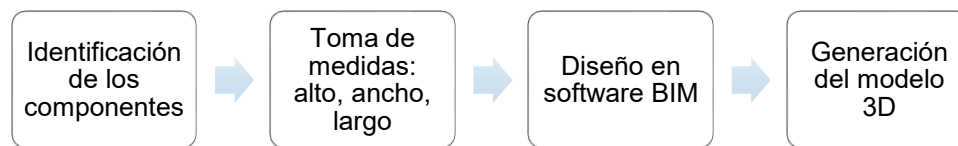
Fuente: Adaptado por el autor MESQUITA et al., (2016)

La caracterización geométrica se basa en el levantamiento de la forma, dimensiones y configuración estructural del edificio, la caracterización de daños es la identificación y registro de patologías, y la caracterización material es el análisis de la composición y propiedades de los materiales utilizados en la construcción (MESQUITA *et al.*, 2016).

4.2.1. Caracterización geométrica

Para iniciar la caracterización geométrica fue utilizada una planta baja como base de referencia, diseñada por el arquitecto Juan Giuria en su paso por Yaguarón. Posteriormente se realizaron mediciones manuales in situ para registrar las medidas reales de la edificación, empleando herramientas como el metro convencional y el metro láser.

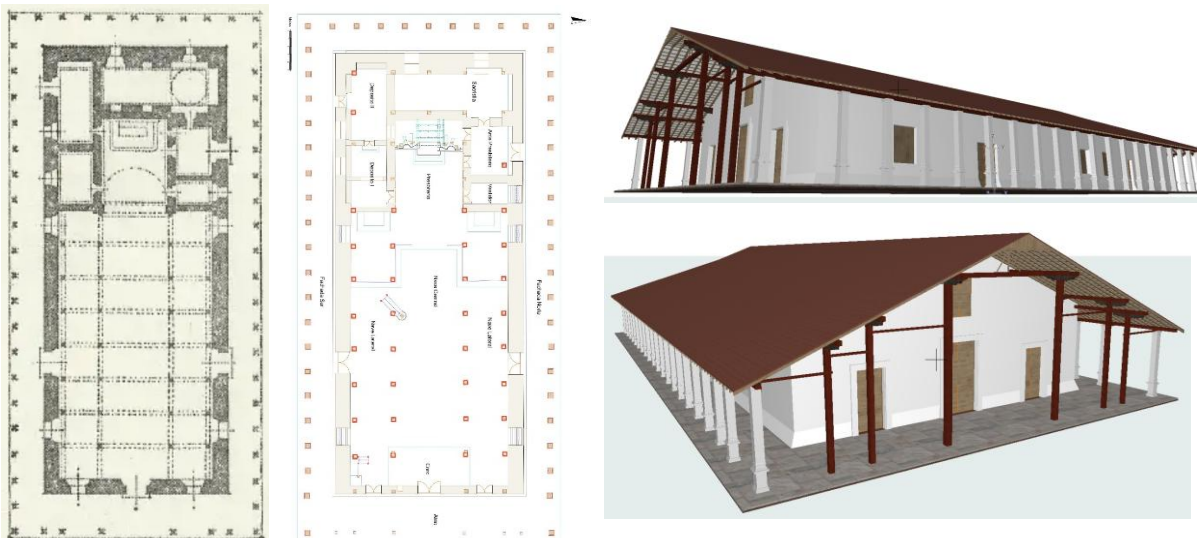
Figura 33. Etapas del modelado en BIM



Fuente: Autora, 2025.

Tras la recopilación de medidas, se procedió a la fase de diseño en un software BIM, donde se generó un modelo tridimensional de la edificación.

Figura 34. Modelado 3D del Templo San Buenaventura

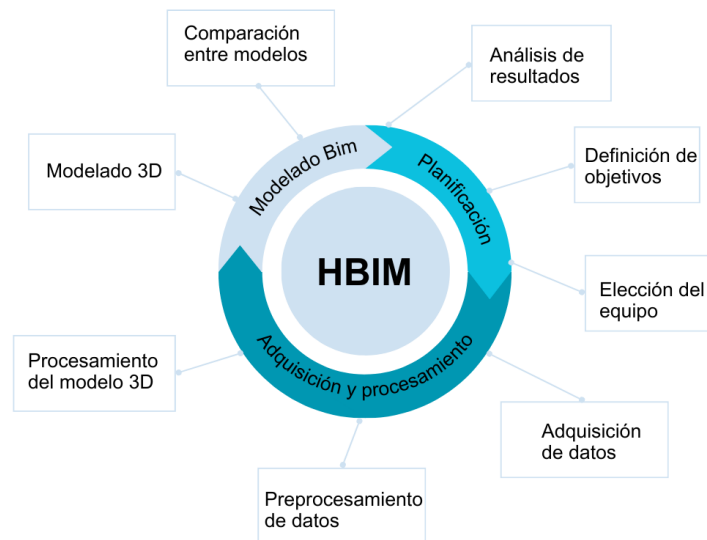


Fuente: Autora, 2025.

Es posible emplear técnicas basadas en tecnología para el levantamiento de las características geométricas de una edificación patrimonial. Métodos como el escaneo láser y la fotogrametría permiten capturar con alta precisión la forma, dimensiones y configuración del sistema estructural.

La metodología HBIM se compone de 3 etapas que se dividen en varias fases, la primera etapa es la planificación, la segunda etapa la adquisición y procesamiento y la tercera etapa el modelado BIM.

Figura 35. Proceso metodológico de HBIM

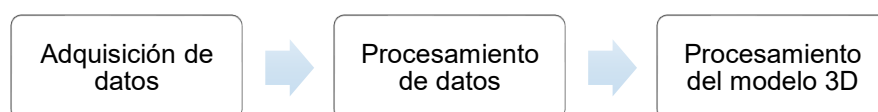


Fuente: Adaptado de RUBENS et al., (2023)

La digitalización del Templo San Buenaventura de Yaguarón no se planteó como un registro aislado, sino como una etapa instrumental dentro del proceso de diagnóstico del bien. Su incorporación respondió a la necesidad de obtener una base geométrica y visual actualizada, no invasiva y compatible con el análisis técnico posterior.

Se optó por la fotogrametría con UAV debido a que esta técnica permite registrar de manera continua la volumetría general del edificio, las cubiertas, las fachadas y las zonas de difícil acceso, preservando la integridad material del inmueble y generando productos digitales útiles para la lectura geométrica, la localización de daños y la futura integración con plataformas CAD/BIM/HBIM (BANFI, 2020; RODRIGUES et al., 2023).

Figura 36. Fases de la etapa de adquisición y procesamiento.



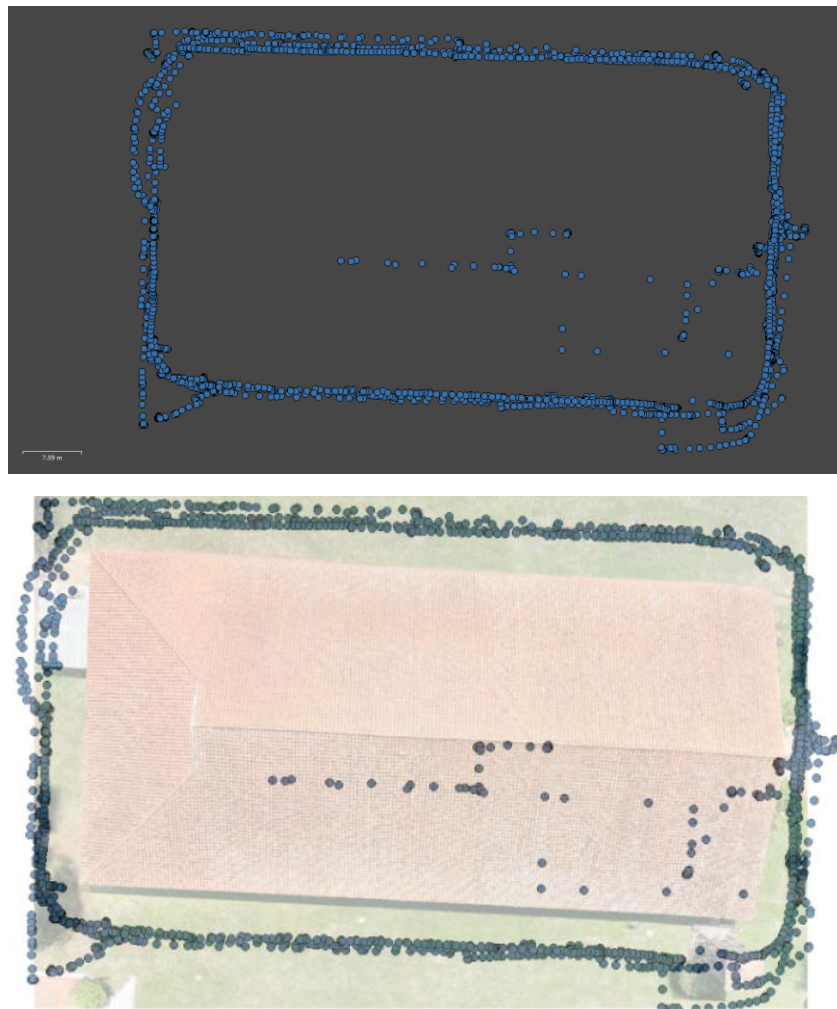
Fuente: Autora, 2025.

La selección de esta técnica también se vinculó con las características

específicas del caso de estudio. El templo presenta una configuración volumétrica, una altura y una riqueza superficial que hacen conveniente una captura remota con alta superposición de imágenes, capaz de registrar tanto la geometría general como detalles visibles de la envolvente.

En este trabajo, el proceso de digitalización comprendió: i) reconocimiento previo del inmueble y definición de las áreas de interés, ii) planificación del vuelo y de las posiciones de captura, considerando cobertura, superposición y condiciones de iluminación, iii) adquisición fotográfica sistemática mediante UAV DJI Air 3, iv) procesamiento de las 2.464 imágenes en software de fotogrametría, y v) depuración de los productos generados para su uso analítico. Esta secuencia permitió pasar de la captura de imágenes al modelo tridimensional, manteniendo un flujo de trabajo coherente con la documentación patrimonial digital.

Figura 37. Vuelo realizado alrededor del predio.



Fuente: Autora, 2025.

Se capturaron imágenes en modo nadir para la representación ortogonal del terreno y en modo oblicuo para obtener mayor detalle de fachadas y elementos arquitectónicos. La georreferenciación del modelo puede complementarse mediante el registro de puntos de control terrestre (GCPs).

Figura 38. Posición de la cámara del dron para la obtención de imágenes.

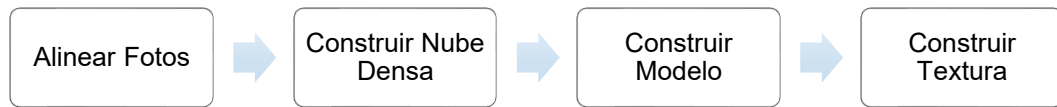


Fuente: Autora, 2025.

En la fase de procesamiento se realizó, en primer lugar, la alineación de las imágenes para reconstruir la geometría general del objeto levantado. Posteriormente, se generó una nube de puntos densa, seguida por la producción del modelo tridimensional texturizado y de productos complementarios, como mapa de profundidad y análisis de superposición. La nube de puntos obtenida mediante fotogrametría puede ser integrada en plataformas BIM y CAD, con exportaciones en formatos OBJ, LAS, RCP y DXF.

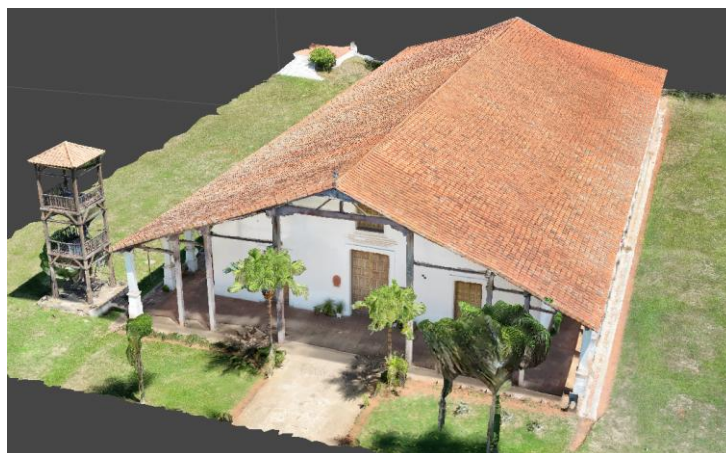
A continuación, se llevó a cabo la limpieza y filtrado de la nube de puntos, eliminando ruido y elementos no pertenecientes al edificio que pudieran interferir en la lectura del modelo. Finalmente, los resultados fueron exportados en formatos compatibles con entornos de modelado y documentación digital. De este modo, la digitalización no se limitó a una representación visual del templo, sino que produjo una base geométrica verificable para apoyar la interpretación del estado actual del inmueble.

Figura 39. Flujo de trabajo para el modelo 3D



Fuente: Autora, 2025.

Figura 40. Etapas del procesamiento de la fotogrametría.



Fuente: Autora, 2025.

Debe señalarse, además, que la documentación fotogramétrica fue entendida como complemento y no como sustituto de la inspección directa. La lectura de

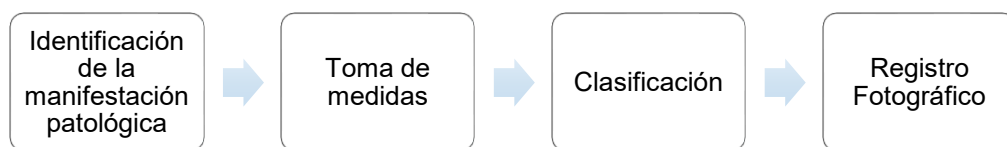
manifestaciones patológicas, la interpretación de su comportamiento y la caracterización de materiales continuaron dependiendo de la observación in situ, del registro fotográfico de detalle y de la medición directa de lesiones.

En consecuencia, la digitalización se integró a una secuencia metodológica más amplia compuesta por análisis documental, inspección visual, levantamiento geométrico, procesamiento digital y sistematización diagnóstica, en la cual el modelo 3D funciona como soporte técnico para registrar, organizar y comunicar la información del caso de estudio (MESQUITA et al., 2016; BANFI, 2020; RODRIGUES et al., 2023).

4.2.2. Caracterización de daños y caracterización de materiales

El levantamiento visual de la manifestación patológica sigue los pasos de la figura 41, donde se comienza por la identificación de la manifestación patológica, posteriormente la toma de medidas y la clasificación de la misma junto con el registro fotográfico.

Figura 41. Levantamiento visual de la manifestación patológica



Fuente: Autora, 2025.

Existen diversas técnicas posibles de ser aplicadas al momento de la inspección visual, para el levantamiento de las patologías del Templo San Buenaventura de Yaguarón, fueron utilizados metros, linternas, trípode. Las manifestaciones patológicas encontradas fueron clasificadas conforme sus medidas, tanto en tamaño como en profundidad y se procedió al registro fotográfico para generar un catálogo de manifestaciones patológicas que aquejan al predio.

Los indicadores propuestos no fueron definidos antes de la visita técnica, sino elaborados a partir del reconocimiento directo del inmueble, de las manifestaciones patológicas observadas y de su relación con los sistemas constructivos del templo. Por ello, los doce indicadores seleccionados no buscan abarcar todas las lesiones posibles en edificaciones patrimoniales, sino representar de forma sintética los daños más relevantes identificados en el Templo San Buenaventura de Yaguarón.

Su organización en dos grandes requerimientos, estructurales y no estructurales, responde a la distinta naturaleza de los daños y a sus diferentes implicancias en el comportamiento del bien. Los indicadores estructurales se asociaron a elementos portantes, muros y zonas críticas con humedad, mientras que los no estructurales se vincularon con revestimientos, policromías, cielorrasos no portantes, cubierta y humedades superficiales. Esta división permitió ordenar el diagnóstico de acuerdo con la función constructiva de cada componente.

La estructura jerárquica en requerimientos, criterios e indicadores se apoyó en la lógica del método MIVES, utilizado en esta investigación como referencia

organizativa y no como modelo multicriterio plenamente aplicado. Su adopción permitió sistematizar los hallazgos de inspección en una propuesta ordenada de evaluación y dejar abierta la posibilidad de futuras aplicaciones más completas, con ponderaciones y funciones de valor.

Tabla 1. Árbol de requerimientos

| Requerimientos | Peso | Criterios | Peso | Indicadores | Peso | | |
|---|------|---|------|--|------|--|-----|
| Estructural | 70% | Elementos horizontales de madera | 32% | Deterioro de dinteles de madera | 40% | | |
| | | | | Deterioro de vigas y tirantes estructurales | 60% | | |
| | | Elementos verticales y muros portantes | 38% | Deterioro de pilares/horcones de madera | 55% | | |
| | | | | Fisuras estructurales en muros | 45% | | |
| | | Acciones de degradación sobre elementos estructurales | 30% | Ataque de xilófagos en elementos estructurales | 45% | | |
| | | | | Porcentaje de humedad en zonas | 55% | | |
| | | No estructural | 30% | Revestimientos | 28% | Fisuras superficiales en revoques | 40% |
| | | | | | | Porcentaje de área desprendida de revoques | 60% |
| Elementos decorativos de madera policromada | 42% | | | Porcentaje de área con daños en elementos decorativos y en cielorrasos de madera no portante | 45% | | |
| | | | | Porcentaje de área con desprendimiento y alteración de policromías | 55% | | |
| Estanqueidad y humedad no estructural | 30% | | | Porcentaje de tejas rotas o faltantes en la cobertura | 60% | | |
| | | | | Humedad superficial y biodeterioro leve | 40% | | |

Fuente: Autora, 2025.

La visita técnica al templo de San Buenaventura de Yaguarón constituyó la etapa principal del diagnóstico, basada en la inspección visual, mediciones simples y registro fotográfico de las manifestaciones patológicas observadas.

A partir de este material empírico, en una etapa posterior, se estructuró el modelo de evaluación con el apoyo de la metodología MIVES, en la que los indicadores se definieron como una síntesis sistematizada de los daños identificados in situ y el marco técnico-científico aplicable.

A partir de un consenso entre especialistas vinculados a la conservación del patrimonio edificado y a la patología de estructuras tradicionales (adobe y madera), se definieron los valores de ponderación adoptados en el árbol de requerimientos.

Dichos pesos reflejan el juicio técnico colectivo sobre la relevancia relativa de cada requerimiento, criterio e indicador, considerando principalmente la seguridad y estabilidad, la probabilidad de progresión, la extensión del daño, la irreversibilidad y pérdida patrimonial, la interdependencia entre patologías y la detectabilidad durante

la inspección.

Cada estructura patrimonial es única, pues su construcción se adapta a los recursos, técnicas y condiciones propias de la región y de su período histórico. Por ello, aunque el modelo de evaluación es replicable con los ajustes correspondientes, en este caso específico se centra en el Templo de San Buenaventura de Yaguarón.

Cuadro 8. Características y parámetros considerados para los 6 indicadores del requerimiento estructural

| INDICADOR | Definición |
|--|---|
| Deterioro de dinteles de madera | Evalúa la pérdida de desempeño por pérdida de sección, fisuración y deformación en aperturas. |
| Deterioro de vigas y tirantes estructurales | Fisuras, pérdida de material en el elemento estructural. |
| Deterioro de pilares/horcones de madera | Podredumbre, fisuras, aplastamiento e inclinación en pilares/horcones que colaboran en la estabilidad. Desplomes y asentamientos de pilares, capiteles y corredores |
| Fisuras estructurales en muros | Fisuras diagonales o en X con posible carácter estructural, especialmente cerca de apoyos de cubierta. |
| Ataque de xilófagos en elementos estructurales | Ataque de insectos xilófagos en vigas, tirantes y pilares estructurales. |
| Humedad | Nivel de humedad en bases de pilares, apoyos de vigas y encuentros madera–mampostería. |

Fuente: Autora, 2025.

La caracterización de los daños observados durante la inspección visual permitió identificar un conjunto de manifestaciones patológicas que, aunque no comprometen directamente la estabilidad estructural del edificio, influyen en su estado de conservación, en la protección de los materiales y en la legibilidad de sus elementos arquitectónicos, así como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Características y parámetros considerados para los 6 indicadores del requerimiento no estructural

| INDICADOR | Definición |
|--|--|
| Fisuras superficiales en revoques | Aberturas lineales finas en el revoque, restringidas a la capa de mortero, sin pérdida de adhesión. |
| Porcentaje de área desprendida de revoques | Proporción del área revestida con mortero donde el revoque perdió adherencia, con desprendimientos visibles o huecos. |
| Porcentaje de área con daños en elementos decorativos y en cielorrasos de madera no portante | Área relativa con deformaciones, pérdidas o ataques biológicos en molduras, crestas y tablazón de cielo raso no estructural. |

| | |
|--|---|
| Porcentaje de área con desprendimiento y alteración de policromías | Porción de superficie policromada con levantamientos, grietas, lagunas o cambios cromáticos por humedad, roce o envejecimiento. |
| Porcentaje de tejas rotas o faltantes en la cobertura | Relación entre tejas rotas o ausentes y el total de la cobertura, evidenciando discontinuidades del cerramiento superior. |
| Humedad superficial y biodeterioro leve | Presencia de manchas y humedad en superficie, con colonización biológica incipiente (moho, hongos), sin pérdida material significativa. |

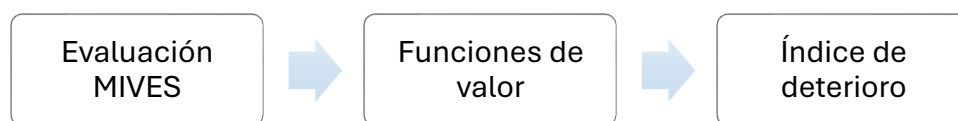
Fuente: Autora, 2025.

4.3. SISTEMATIZACIÓN DE HALLAZGOS Y BASES PARA FUTURAS INTERVENCIONES

Con base en los hallazgos obtenidos durante la inspección, se estructuró una propuesta de evaluación orientada a organizar las manifestaciones patológicas observadas en el templo. En esta investigación, el método MIVES se emplea únicamente como referencia organizativa para jerarquizar la información en requerimientos, criterios e indicadores, sin desarrollar aún la aplicación completa del modelo multicriterio.

Desde esta perspectiva, la principal contribución de esta etapa consiste en transformar el diagnóstico del Templo San Buenaventura de Yaguarón en una base técnica sistematizada, capaz de apoyar futuras acciones de conservación. Así, el diagnóstico no se limita al registro de daños, sino que constituye el fundamento para posteriores campañas de medición, validación de parámetros y eventual aplicación integral del modelo de evaluación.

Figura 42. Estructura de evaluación



Fuente: Autora, 2025.

Con el fin de organizar la información obtenida en el diagnóstico y facilitar la interpretación del estado de conservación del edificio, se adopta el modelo multicriterio MIVES (Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones de Sostenibilidad). Este enfoque estructura la evaluación mediante un sistema jerárquico de requerimientos, criterios e indicadores, integrando diferentes variables técnicas en un mismo marco analítico.

En este modelo, cada indicador representa un aspecto del estado de conservación observado durante la inspección y se vincula a una función de valor, que transforma las mediciones o rangos de deterioro en una escala adimensional entre 0

y 1, permitiendo comparar el desempeño de diferentes variables. Sin embargo, en el presente estudio, el énfasis no se sitúa todavía en la aplicación numérica completa del modelo, sino en la formulación y estructuración de los indicadores a partir de la realidad material observada en el caso de estudio. En consecuencia, los indicadores no se presentan como parámetros abstractos definidos a priori, sino como resultados contruidos desde el reconocimiento técnico del edificio y de sus patologías.

En este estudio, los indicadores definidos a partir de la inspección del Templo San Buenaventura de Yaguarón constituyen la base para la estructuración del sistema de evaluación. Su formulación permite traducir el diagnóstico en una matriz organizada de aspectos relevantes para la conservación, diferenciando condiciones estructurales y no estructurales, así como distintos niveles de incidencia sobre el comportamiento del inmueble. Desde esta perspectiva, la contribución principal de esta etapa no reside en calcular un índice global final, sino en establecer un marco de evaluación técnicamente fundamentado y directamente vinculado con las condiciones efectivamente verificadas en campo.

La aplicación completa de las funciones de valor y el cálculo de índices globales requieren la obtención de parámetros cuantitativos asociados a cada indicador, lo cual se plantea como línea de trabajo futuro, mediante campañas de medición y monitoreo que permitan alimentar el modelo y apoyar la priorización de intervenciones. Por tanto, en esta investigación, el diagnóstico y la definición de indicadores deben entenderse como una fase previa y necesaria dentro de un proceso más amplio de gestión de la conservación, en el cual la cuantificación detallada y la jerarquización operativa de intervenciones podrán desarrollarse en etapas posteriores.

En síntesis, esta sección establece el vínculo metodológico entre la lectura diagnóstica del templo y la construcción del sistema de indicadores que se desarrolla en el capítulo siguiente. De este modo, el diagnóstico no se limita a identificar daños, sino que se convierte en la base técnica que sustenta la propuesta de evaluación y orientación para futuras decisiones de conservación del Templo San Buenaventura de Yaguarón.

5 RESULTADOS

En este capítulo se aborda un el diseño, distribución espacial, sistema constructivo y los materiales utilizados del templo de San Buenaventura de Yaguarón. También se abordan las principales intervenciones que ha sufrido a lo largo del tiempo y su impacto en la conservación de la estructura.

El estudio de su sistema constructivo no solo permite comprender mejor el pasado de la edificación, sino que es clave principal para garantizar una conservación de calidad respetando el valor que posee el patrimonio.

Los resultados de esta investigación se presentan como un sistema de indicadores de conservación, estructurado a partir del diagnóstico de campo en el Templo de San Buenaventura de Yaguarón y formalizado a través del MIVES. El conjunto de requisitos, criterios, indicadores, definiciones y ponderaciones representa la síntesis técnica de las manifestaciones patológicas observadas y constituye la base para la evaluación comparativa, la priorización de intervenciones y futuras campañas de medición y monitoreo.

5.1. Influencias de las restauraciones a través del tiempo

Según la autora DIEZ GÁLVEZ, (2022) el templo pasó por su primera restauración en 1798, tras un destructivo huracán que afectó el techo de la edificación, el cual fue restaurado y además hace mención que fueron doraron dos retablos en la misma época.

Posterior a eso en 1848 se encuentra el primer inventario conocido donde se describe el estado del templo, siendo señalado que los horcones de los corredores se encontraban podridos en la base, lo que da a entender el deterioro avanzado en el que se encontraban (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

En la placa de la Figura 43 se describe: “Fue iniciada la reconstrucción de este Templo por Don Buenaventura Gamarra. Operario Don Atanacio Gonzales. Cura Parroco Presbitero Don Juan de Dios Guemes en la epoca en el año del Señor de 1883 y el Yltmo Señor Obispo Don Pedro J. Aponte”.

Figura 43 Descripción de la restauración (1883) del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Iniciada por Buenaventura Gamarra y dirigida por Atanasio González Cuba. Se realizaron trabajos de reconstrucción, incluyendo la posible sustitución de los

horcones de los corredores por pilares de obra. Se grabaron inscripciones en el frontispicio de la iglesia para recordar esta intervención.

En el año 1910 se informa que los pilares de madera que sostenían el techo se encontraban podridos en la base (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

La iglesia sufrió diversas reparaciones a lo largo del tiempo. Durante la revolución paraguaya de 1912, fue ocupada por las tropas y utilizada como cuartel, mercado, cocina, caballeriza e incluso salón de baile. En este período, el mobiliario y las imágenes sufrieron graves daños: los confesionarios fueron usados como urinarios, las esculturas fueron mutiladas, las sillas fueron arrastradas al exterior y los bancos utilizados como leña. Antes de estos hechos, los habitantes locales ya habían arrancado los dedos de la figura que sostenía el púlpito, conservándolos como reliquias (GOULÃO, 2010).

Entre los años 1917-1922 El arquitecto croata José Loncharich realizó trabajos de restauración, incluyendo el cambio de algunos pilares del interior del templo. Además, se menciona que algunas zonas del techo estaban recubiertas de tacuaras, lo que sugiere que no todo el techo estaba entablonado (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

En el año 1919 se realizó un encalado de las pinturas murales por orden superior, se taparon las pinturas murales con una capa de cal, lo que afectó la decoración interna y externa del templo (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Según el museólogo Walter Fernando Díaz Ayala¹⁴ las paredes de la iglesia fueron raspadas, posteriormente se colocó un tejido impregnado con tierra roja (ver Figura 44), lo que permitió mejorar la adherencia del revoque a la mampostería, y finalmente se añadió la capa de pintura blanca para completar el acabado.

Figura 44. Capas del proceso de revoque Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

¹⁴ Walter Fernando Díaz Ayala, Museólogo, Profesor universitario en la Cátedra de Historia del Paraguay de la UNA, concedió la entrevista el día 01/03/2025. Las cuestiones pueden ser consultadas en el Apéndice A

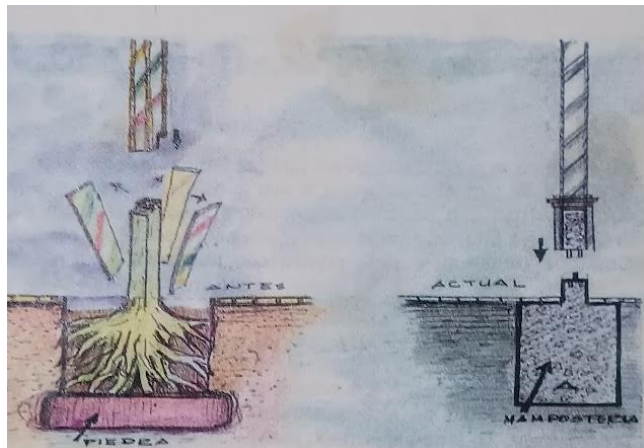
Figura 45 Templo San Buenaventura de Yaguarón en el año 1923



Fuente: Museo Dr Jose Gaspar Rodriguez de Francia, 2024.

Entre los años 1941-1947 se realizó la restauración integral del Templo dirigida por Mariano Loncharich (hijo de José Loncharich), se realizaron trabajos de demolición y reconstrucción parcial del templo. Se cambiaron las bases de las columnas de la nave central y se renovó gran parte del techo. Sin embargo, las obras se vieron interrumpidas varias veces por problemas económicos (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

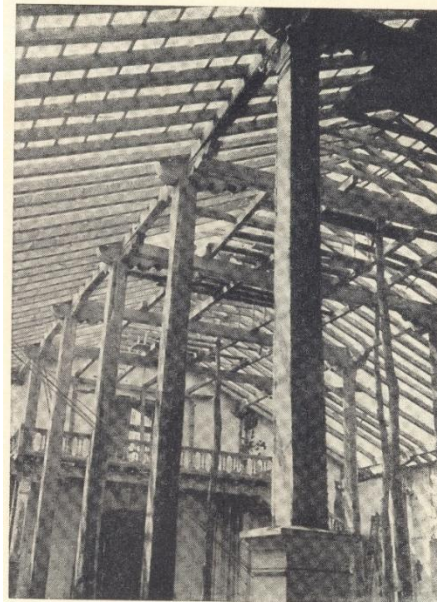
Figura 46. Cimientos de los horcones del Templo San Buenaventura



Fuente: DELGADO, C. L. A. (1998)

Según Delgado (1998) en 1943, se reemplazaron las bases de las columnas de la nave central. Como se observa en la Figura 46, se sugiere que los constructores de la época utilizaron árboles cortados con sus raíces y bases de piedra para mejorar la estabilidad y soportar el peso de la estructura. Además, Delgado (1998) menciona de alrededor de la edificación se han encontrado piedras labradas que habrían servido para marcar el nivel y la alineación del muro, así como para sustentar las columnas que sostienen las vigas de la nave central.

Figura 47. Estructura con techo desmontado del Templo San Buenaventura de Yaguarón



Fuente: GIURIA, (1960) CORREGIR LAS FUENTES

La imagen captada por el arquitecto Giuria (ver Figura 47) muestra una intervención de gran magnitud en la cubierta, donde al menos seis secciones de la iglesia aparecen sin tejas incluyendo la del coro y se observan algunas tijeras desmontadas en la nave sur. Esta fotografía, considerada icónica de la restauración de ese período, por la evidencia documental existente, podría datar de antes de febrero de 1948 (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 48. Templo San Buenaventura de Yaguarón año 1952.



Fuente: MOTTE, 1952.

En los años 1960-1961 el pintor húngaro Adan Kunos redecoró el interior del templo, incluyendo el techo, las puertas, las ventanas y los horcones. Kunos reinterpretó los motivos decorativos originales, utilizando colores modernos y técnicas de pintura acuosa. También intervino en la sacristía, redecorando el cielo falso y el retablo (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

En pilares que no se encuentran revestidos (ver Figura 49) se pueden observar

los indicios de que estos fueron reemplazados en la base, ya que se observa un hueco de aproximadamente 10x5cm que servía de apoyo para el reemplazo de la base.

Figura 49. Pilares sin revestimiento del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

La restauración de bienes muebles (ver Figura 50) dirigida por Estela Rodríguez Cubero, entre los años 1986-1991 se enfocó en la restauración de los retablos, la imaginería, los confesionarios, el púlpito y las pinturas sobre el maderamen decorativo del presbiterio. También se descubrieron y restauraron cuatro nichos en las paredes del ábside que habían estado cubiertos (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 50 Tabla de descripción de la restauración (1985-1991) del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

En el año 2001 se restauraron y repintaron las dos hojas de una de las puertas exteriores. En el año 2003 se realizó la actualización del sistema eléctrico de la iglesia, incluyendo la instalación de iluminación artística (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

En el año 2015 se desmontó el cielo falso de la sacristía debido a la presencia de un termitero. Parte de la tablazón fue intervenido, pero los trabajos se paralizaron en octubre de ese mismo año debido a irregularidades administrativas (DIEZ GÁLVEZ, 2022).

Figura 51. Estado actual de la Sacristía del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Un equipo de profesionales dirigido por María José Díez, realizó trabajos de campo entre los años 2020-2021, fue presentado un nuevo protocolo de intervención para la restauración del cielo falso y el retablo de la sacristía (DÍEZ GÁLVEZ, 2022).

El campanario actual no es el original, ya que ha sufrido varias modificaciones a lo largo del tiempo. Para entender su evolución, se compararán registros fotográficos de diferentes épocas:

Figura 52. Campanario 1932-1950-1958 del Templo San Buenaventura.



Campanario 1932

Fuente: Motte, 1952



Campanario 1950

Fuente: GIURIA, (1960)



Campanario 1958

Fuente: Motte, 1952.

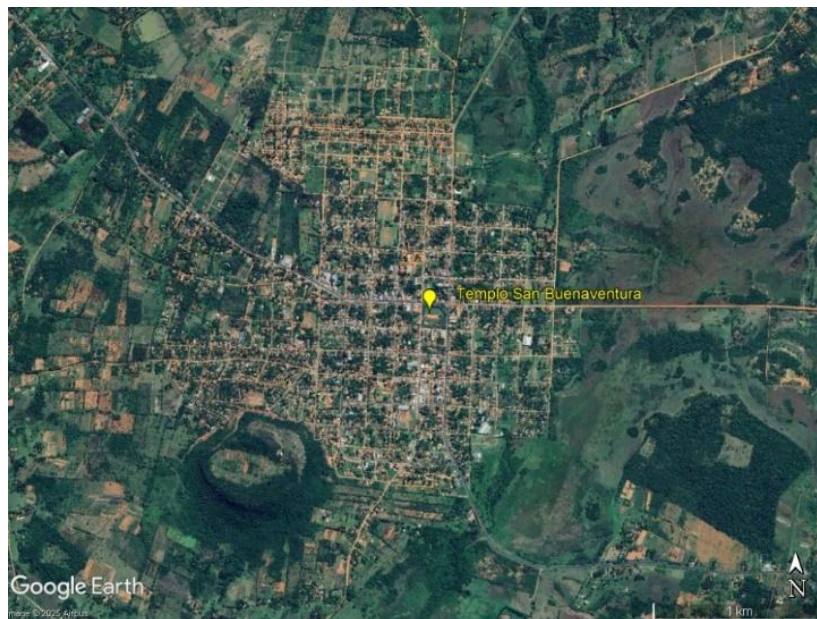
5.2. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA

El templo de San Buenaventura se encuentra en la ciudad de Yaguarón, Paraguay (ver Figura 53 y Figura 54).

Yaguarón es una ciudad situada en el Departamento de Paraguarí, en la región centro-sur de Paraguay. Se encuentra aproximadamente a unos 48 km al sureste de Asunción, la capital del país, a 320 km al noroeste de Encarnación y 320 km al oeste de Ciudad del Este.

Por su proximidad a la principal ruta que conecta diversas ciudades de la región central, Yaguarón es de fácil acceso para quienes deseen conocer su rica herencia histórica y cultural, destacada por el Templo de San Buenaventura y el Cerro Yaguarón.

Figura 53. Ubicación del Templo San Buenaventura



Fuente: Google Earth, 2025.

Figura 54. Templo San Buenaventura de Yaguarón



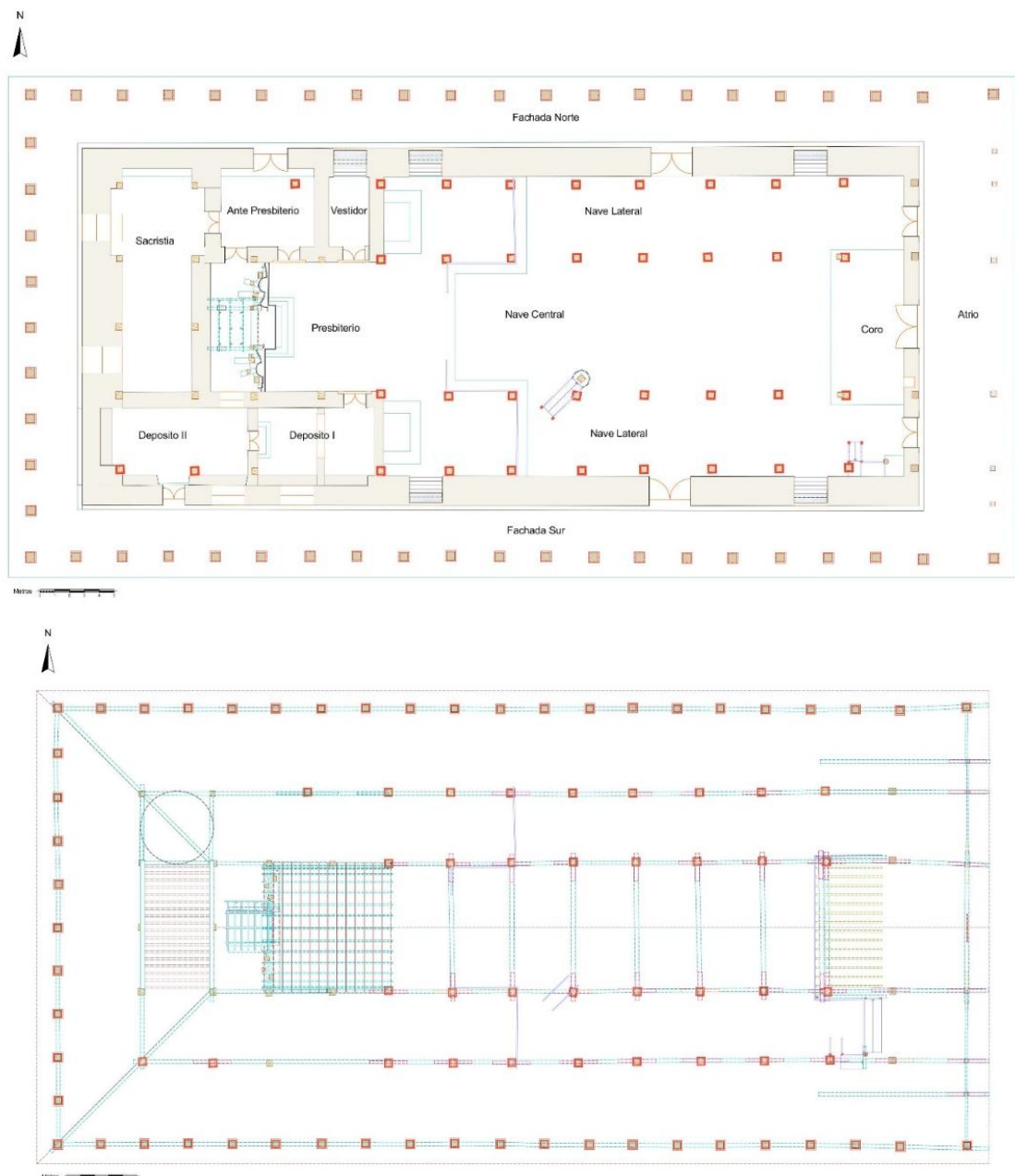
Fuente: Google Earth, 2025.

El Templo San Buenaventura de Yaguarón presenta una disposición estructural conforme la Figura 55: en la nave central se observa el eje principal del templo, posee dos naves laterales, ofreciendo espacios para la congregación y circulación dentro del templo.

El presbiterio es el espacio donde se ubica el altar mayor, separado visualmente se encuentra el antepresbiterio, y al lado el vestidor, del lado contrario se encuentran los Depósitos I y II donde son almacenados algunos materiales y objetos utilizados en las actividades eclesiásticas.

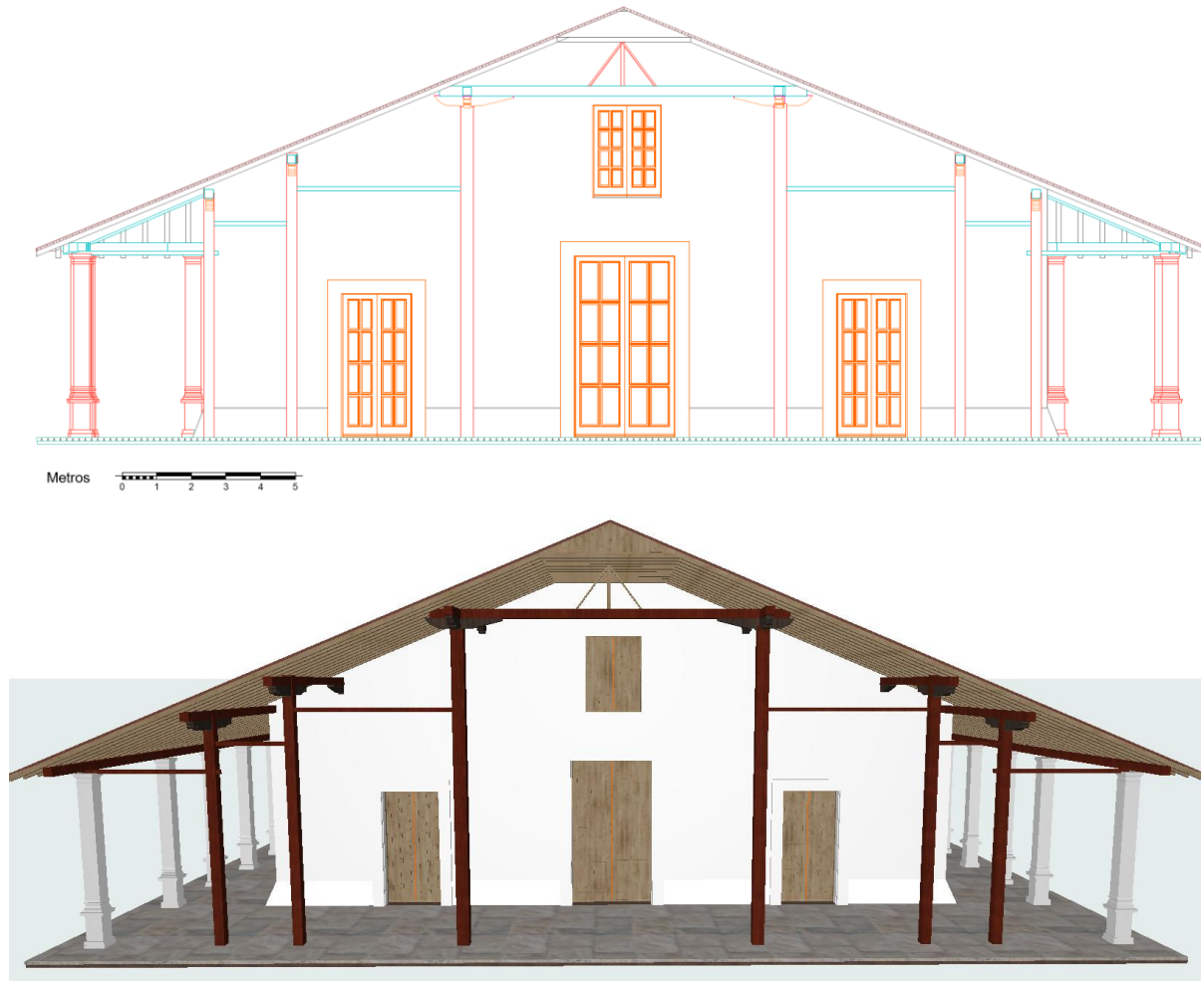
Detrás del altar mayor se encuentra situada la Sacristía donde anteriormente se realizaban pequeñas celebraciones litúrgicas.

Figura 55. Organización y distribución de espacios interiores y exteriores.



El Templo posee una fachada sencilla donde se denotan los horcones de madera y también se observan los pilares que revisten de mampostería a los horcones de madera originales, predispuestos en varias hileras.

Figura 56. Fachada del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Los horcones de madera que se encuentran en la fachada principal presentan uno a dos empalmes centrales, compuestos por dos a tres piezas. Algunos de estos horcones a su vez también presentan ligera curvatura debido a su esbeltez y por el empuje que recibe de la cubierta.

Figura 57. Empalme de los horcones de la fachada.



Fuente: Autora, 2025.

5.2.1. Principales elementos estructurales

En la Figura 58 se presentan los cortes de la edificación, donde se observan los espacios de la nave central y de las naves laterales, componiendo los espacios de circulación y las diferentes zonas del templo, así como la ubicación de la sacristía que se encuentra de forma perpendicular a la del altar mayor.

Figura 58. Cortes del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

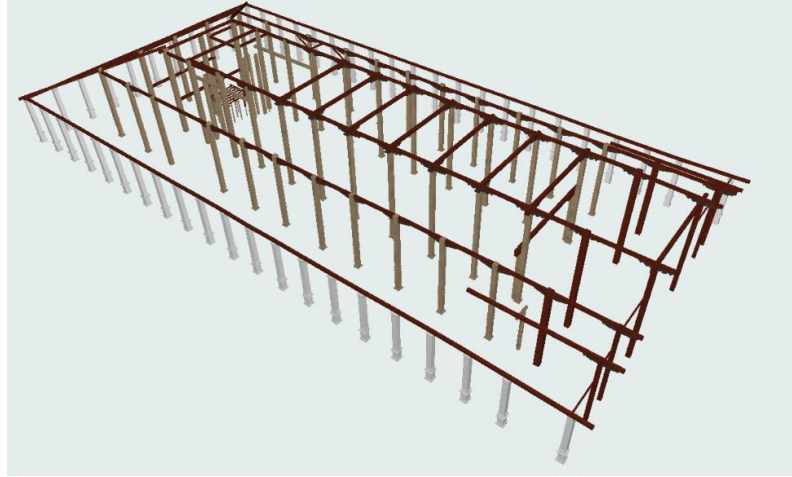
Se caracteriza por un sistema estructural basado en horcones¹⁵ que soportan el techo, siendo los muros para delimitar los espacios y no como elementos de carga. Algunos de los muros poseen aproximadamente 3 m de espesor, y están hechos de mampostería.

En la Figura 59 se observa desde una vista superior la estructura, donde se destacan los pilares, vigas, tirantes, capiteles, que distribuyen las cargas de la

¹⁵ Grandes postes de madera

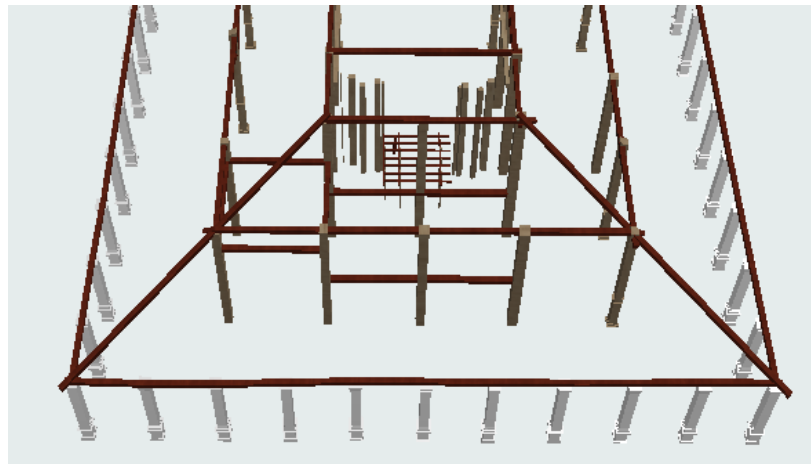
edificación y refuerzan la estabilidad de la construcción. En cambio, en la Figura 60 se encuentra la vista trasera de la estructura donde se presentan los componentes estructurales del sector de la Sacristía.

Figura 59. Vista superior de los elementos estructurales del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

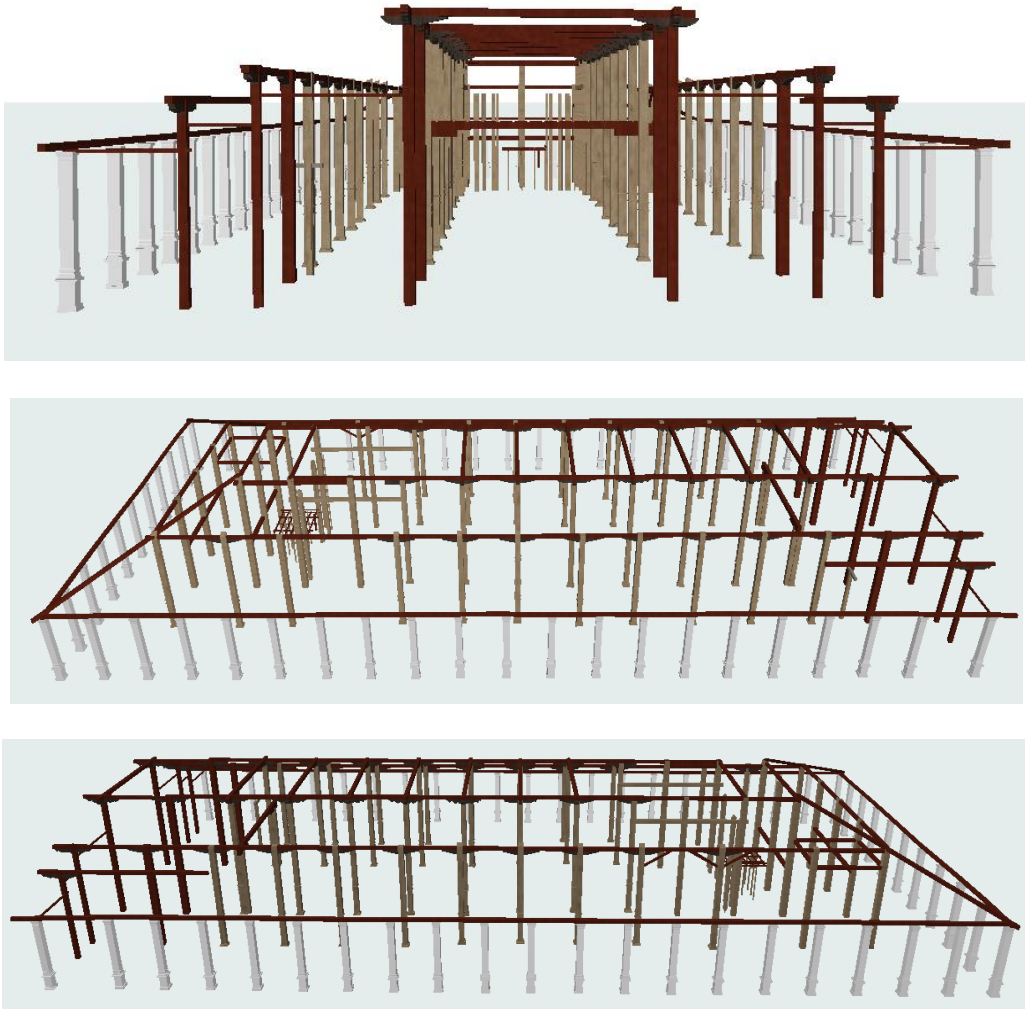
Figura 60. Elementos estructurales en la vista trasera del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

Por otro lado, en la Figura 61 se muestra una vista frontal de la estructura, evidenciando la disposición de los horcones y su conexión con las vigas y tirantes principales, las vigas sostienen la techumbre y reparten todo el peso de la cubierta al resto de la edificación, este sistema estructural es característicos de edificaciones tradicionales de madera, destacando su resistencia y durabilidad a lo largo del tiempo. La función de los tirantes es amarrar las dos filas de pilares para evitar que la estructura “se abra”

Figura 61. Vistas de los elementos estructurales del Templo San Buenaventura

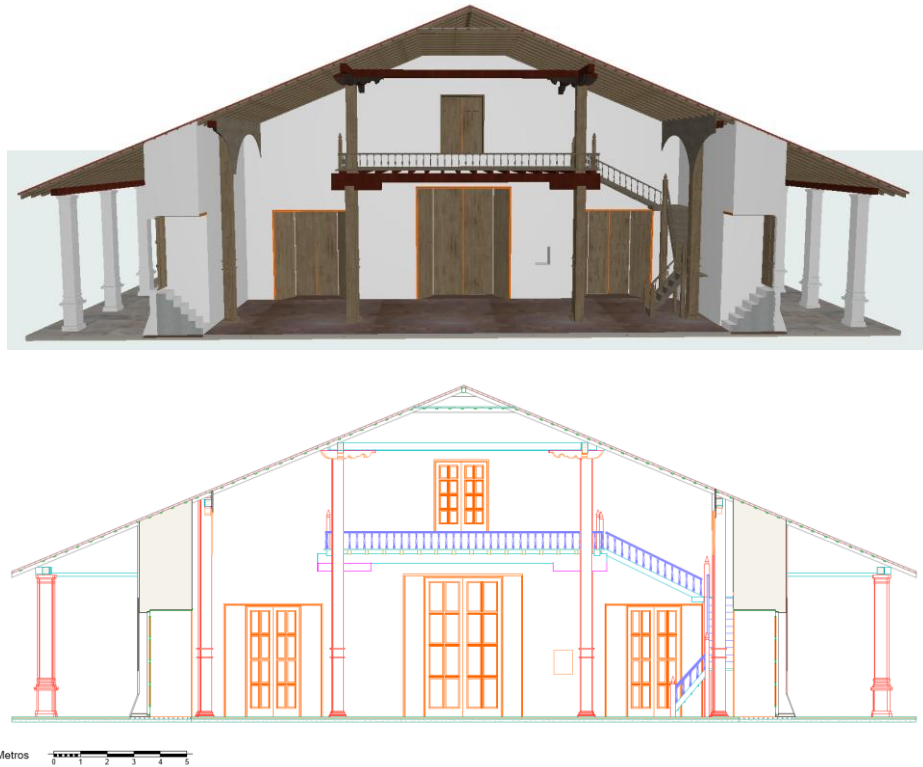


Fuente: Autora, 2025.

Detrás de la fachada principal del templo, se encuentra el coro (ver Figura 62), una estructura empotrada a los muros, compuesta por vigas de madera y barandas que rodean el espacio, el acceso al coro se encuentra una escalera ubicada en el lateral sur (ver Figura 63).

Los elementos que componen el muro no se encuentran en sintonía con el resto del arte o tallado de la estructura, por lo que sostiene que fue colocado en alguna época posterior a la construcción del templo, siendo reutilizados o reaprovechados materiales sobrantes o de otra edificación, adaptándolos al arte del Templo.

Figura 62. Estructura del coro del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Figura 63 Escalera del coro del Templo San Buenaventura



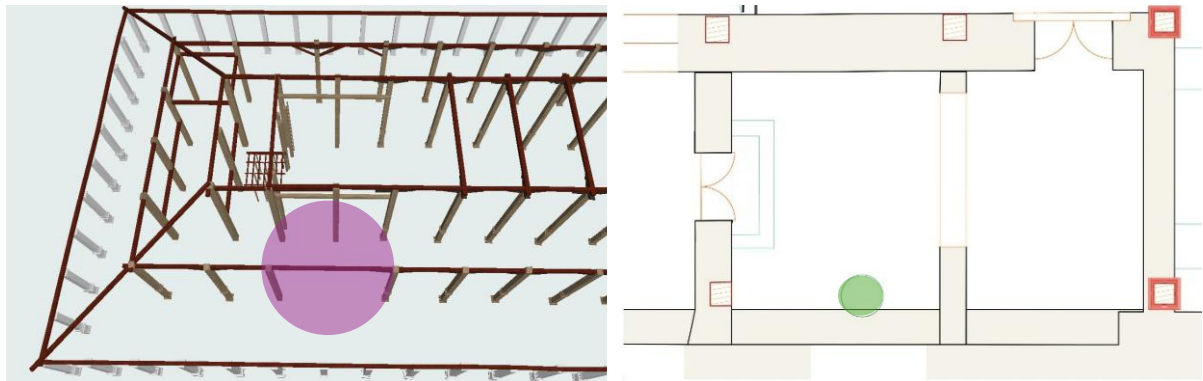
Fuente: Autora, 2025.

Una de las particularidades estructurales del Templo es la presencia de un contrafuerte (ver Este elemento fue incorporado para compensar la ausencia de una

viga de tirante en ese tramo y para soportar exclusivamente su propio peso y el de la tablazón de la cubierta. Más que descargar fuerzas sobre los muros, podría incluso introducir cierto empuje horizontal sobre ellos.

Figura 64), a diferencia de los horcones que están alineados en ejes, en el sector señalado presentan una desviación, su ubicación correspondería al círculo verde en la Figura 64b. Este elemento fue incorporado para compensar la ausencia de una viga de tirante en ese tramo y para soportar exclusivamente su propio peso y el de la tablazón de la cubierta. Más que descargar fuerzas sobre los muros, podría incluso introducir cierto empuje horizontal sobre ellos.

Figura 64. Ubicación del arco interior entre los depósitos del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

Por otra parte, al no existir vigas de tirante en la nave central donde se localiza la bóveda de la capilla mayor, el contrafuerte interior se instaló como medida de estabilidad del sistema de cubierta.

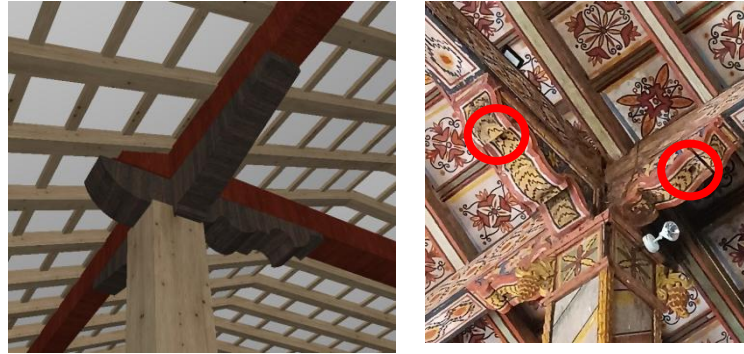
Su colocación se limitó a un solo lado, ya que en el extremo opuesto se encuentran muros de carga que ya proporcionan la rigidez necesaria; añadir un segundo contrafuerte hubiese incrementado el empuje transversal sin un beneficio estructural evidente.

En la Figura 65 se observa el pilar de madera utilizado en la estructura del templo, de sección cuadrada revestida con madera policromada, este pilar sostiene la estructura de vigas, tirantes y la techumbre, la conexión entre las vigas y tirantes se realiza mediante los capiteles, los cuales cumplen una función clave en la distribución de cargas.

Las uniones se disponen de la siguiente manera: sobre el pilar se encaja primero el capitel del tirante, seguido del capitel de la viga. Luego, se coloca el tirante y, finalmente, las vigas superiores.

La función principal del capitel es distribuir el peso transmitido por las vigas hacia los pilares, optimizando la estabilidad estructural. Los tirantes están ensamblados mediante cuñas, lo que refuerza la solidez de la estructura sin necesidad de elementos metálicos adicionales.

Figura 65. Perspectivas del pilar del sistema constructivo del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

En el lado norte, donde se encuentran el Antepresbiterio y el Vestidor se observan que dos de los pilares poseen soportes diagonales que no sigue el patrón regular de los demás soportes verticales del Templo, este tipo de adaptación se aplica para estabilizar la estructura y de esta forma distribuir mejor las cargas hacia los muros, se sugiere que sea a causa de la falla en viga (círculo rojo) y el empalme (flecha roja) de la viga que se sostiene sobre dichos pilares.

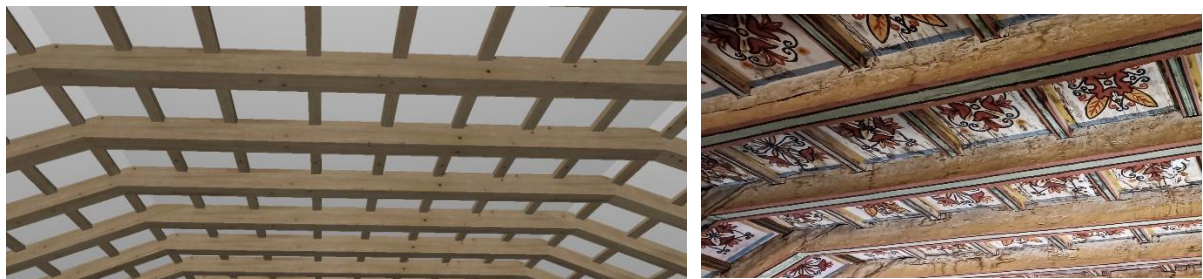
Figura 66. Pilares con soportes diagonales del Templo San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

El sistema par y nudillo (ver Sistema par y nudillo del Templo de San Buenaventura.) es una técnica estructural en techos de madera donde los pares (vigas inclinadas) transmiten cargas a los muros o pilares, y el nudillo (viga horizontal) los une, reduciendo su deformación y mejorando la estabilidad. Este sistema distribuye las cargas de manera eficiente, evita la apertura de la estructura y optimiza el uso de materiales, siendo clave en la resistencia y durabilidad del techo.

Figura 67. Sistema par y nudillo del Templo de San Buenaventura.



Fuente: Autora, 2025.

5.2.2. Fotogrametría

Al operar drones sobre sitios patrimoniales, es fundamental tener en cuenta el entorno circundante y la normativa vigente, ya que algunos de estos sitios pueden encontrarse en zonas de espacio aéreo restringidos o sujetos a normativas de conservación específicos.

En la Figura 68 se muestra el resultado de la primera etapa de procesamiento en calidad media realizada en un software de fotogrametría, donde se procede a la alineación de las fotos, el software emplea un algoritmo de detección de puntos de cada imagen y los compara entre ellas para encontrar coincidencias, si esta etapa no alinea todas las fotos, esto se debe realizar de forma manual colocando marcados, ajustar los parámetros de calibración de la cámara o mejorar la calidad de las imágenes.

Figura 68. Mapa de profundidad Templo San Buenaventura





Fuente: Autora, 2025.

Seguidamente se ejecuta la segunda etapa del procesamiento, la nube densa (ver Figura 69), se puede identificar donde la densidad de puntos es baja, en otros términos, donde se encuentran huecos, esto puede ser debido a reflejos, sombras, o falta de fotos en ciertos ángulos o que no exista la superposición suficiente para conseguir cubrir esa área.

Figura 69. Nube de puntos del Templo San Buenaventura





Fuente: Autora, 2025.

En la figura a continuación se denotan algunos de los efectos por la falta de superposición de las imágenes o por la falta de fotografías en ciertos ángulos, por ello la reconstrucción refleja unos huecos y una nube de puntos dispersas en determinada área, teniendo en cuenta que el procesamiento se realizó en una calidad media, lo que de alguna forma pudo haber afectado de igual manera a la calidad de puntos.

Figura 70. Superposición en la nube de puntos.



Fuente: Autora, 2025.

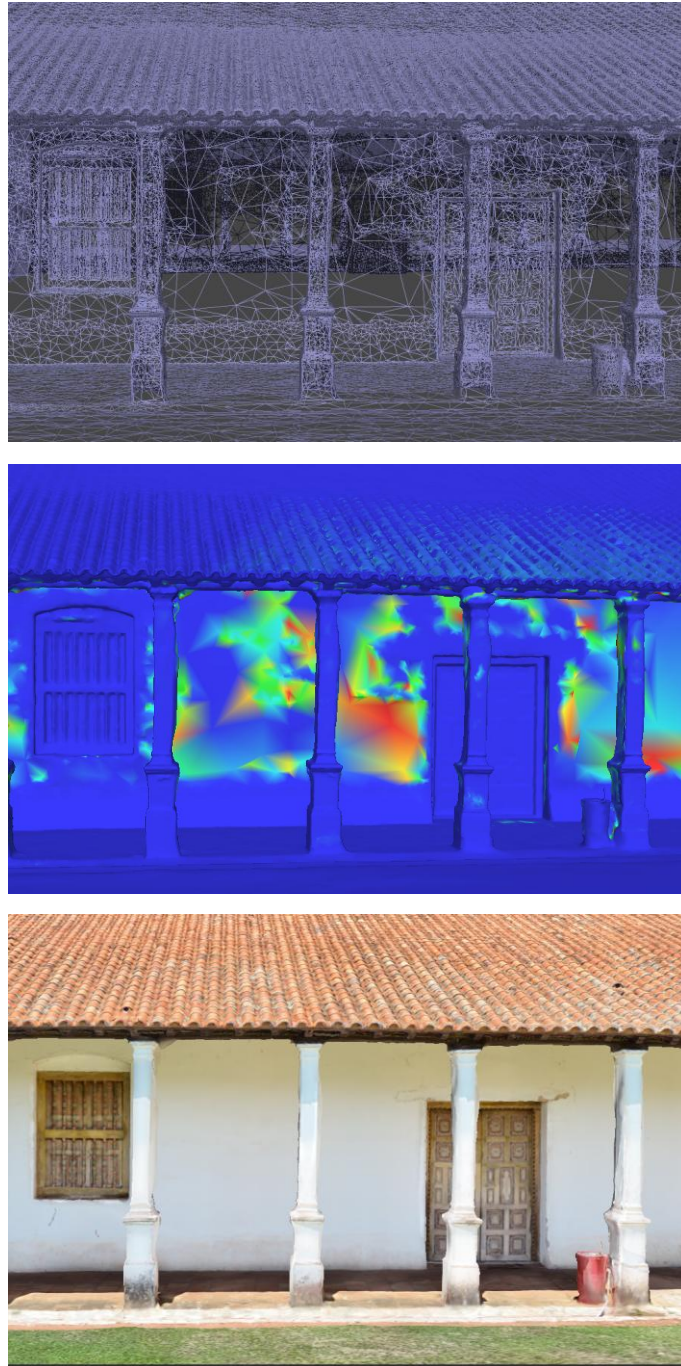
En la Figura 71 se muestran los diferentes modos de visualización en el software, lo que permite analizar y mejorar la reconstrucción.

El Modelo shaded (modelo sombreado) representa la superficie con sombreado para visualizar detalles de la geometría sin aplicar la textura, el modelo sólido muestra la geometría sin texturas ni sombreado para verificar el modelo sin distracciones visuales, el modelo Wireframe (malla alámbrica) muestra la estructura geométrica en forma de una malla de triángulos.

El modelo confidence aplica los colores según el nivel de precisión de la reconstrucción en cada área del modelo, ayudando a identificar partes con datos insuficientes o baja calidad, útil para mejorar la captura de imágenes en futuras reconstrucciones. Y finalmente el modelo texturizado se utiliza para la visualización final ya que genera un modelo más realista, para el análisis detallado de estructuras arquitectónicas o arqueológicas.

Figura 71. Diferentes representaciones y un modelo 3D fotogramétrico.

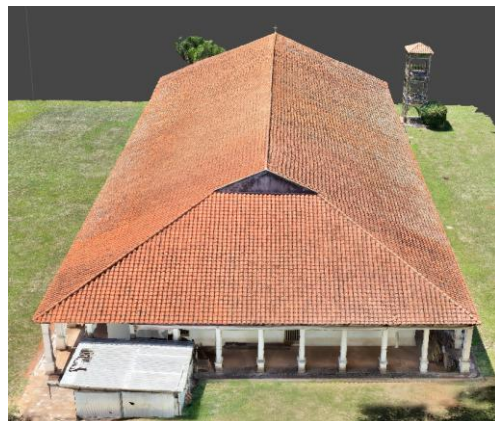




Fuente: Autora, 2025.

El modelo texturizado (ver Figura 72) generado en el software, procesado en una calidad media con 2464 imágenes presenta un nivel en la reconstrucción general, sin embargo, a pesar de la gran cantidad de imágenes utilizadas aún se observan distorsiones en ciertas áreas, probablemente por una falta de superposición o variaciones en la iluminación.

Figura 72. Modelo texturizado del Templo San Buenaventura



Fuente: Autora, 2025.

5.3. CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS

Dado que las normas citadas a continuación orientan la inspección, el registro y la identificación de anomalías, pero no todas establecen umbrales cuantitativos específicos para la severidad de las manifestaciones patológicas en general estudiadas o escapan del caso de estudio específico, en esta investigación se proponen parámetros de evaluación con valores de referencia para clasificar la extensión y la incidencia de la patología. Estos valores se adoptan como criterios operativos del indicador, con fines de sistematización, comparación y priorización dentro del caso de estudio.

Indicador E1- Deterioro en dinteles de madera

El indicador E1 evalúa la pérdida de capacidad resistente y de servicio del dintel de madera por degradación material y respuesta geométrica, integrando pérdida de sección, fisuración (extensión y abertura) y flecha.

Figura 73. Manifestación patológica en dintel de madera



Fuente: Autora, 2025.

Su criticidad radica en que el dintel gobierna la transferencia de cargas sobre vanos, su deterioro puede inducir redistribuciones locales, apertura de fisuras en muros y riesgo de colapso parcial, especialmente en edificios históricos. A continuación, se encuentra la contribución de los autores en la literatura acerca del estudio de dinteles de madera y sus aplicaciones.

Cuadro 10. Autores que justifican el Indicador Estructural 1

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|----------------------|---|---|--|
| Nguyen et al. (2023) | Effect of openings on the behaviour of rammed earth walls under compression loading | Muros de tierra apisonada con aberturas, comparación com y sin dintel de madera | Demuestra que incorporar dintel de madera en muros de tierra apisonada con aberturas cambia el comportamiento y puede aumentar la carga última, confirmando su papel estructural en el vano. |

| | | | |
|---------------------------|---|---|---|
| Bui et al. (2014) | Failure of rammed earth walls: From observations to quantifications | Muros de tierra apisonada, cuantificación de modos de falla | Cuantifica la falla local en muros de tierra apisonada mediante criterios de resistencia al corte y validación experimental, respaldando medir degradación en zonas críticas de transferencia y apoyos. |
| Thompson et al. (2022) | A review of current construction guidelines to inform the development of future rammed earth design codes | Revisión de guías y normas sobre construcción con tierra | Revisa guías de diseño en tierra apisonada y consolida parámetros para aberturas (tamaño, proporción, distancias) y requisitos de apoyo del dintel. |
| Salvalaggio et al. (2024) | Exploring seismic fragility and strengthening of masonry façades with openings | Fachadas de mampostería con aberturas (fragilidad y refuerzo) | Analiza fragilidad sísmica de fachadas con aberturas y muestra que mayor densidad de vanos reduce la capacidad proporcional, apoyando monitorear cuantitativamente aberturas y su entorno estructural. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – Pérdida de sección (%): estima el porcentaje de pérdida del área resistente en la sección crítica (apoyos, uniones y zonas con biodeterioro) respecto a la parte sana del mismo elemento.

P2 – Extensión de fisuras (0–1): razón entre la longitud fisurada y la longitud evaluada del dintel (proporción equivalente del área afectada), para representar la distribución del daño.

P3 – Abertura de fisura (mm): abertura máxima medida en fisuras relevantes desde el punto de vista estructural.

P4 – Flecha (mm): flecha vertical máxima del dintel en el vano, medida respecto a una línea de referencia, punto de medición y condición de carga o servicio durante el relevamiento.

La inspección y el levantamiento del indicador se organizan con referencia a la UNE-EN 16096:2016, para el registro del estado, la documentación y el reporte del elemento en el contexto del patrimonio construido. Como marco complementario de procedimiento de inspección puede citarse la ABNT NBR 16747:2020.

La evaluación estructural del dintel se apoya además en la ISO 13822:2010, como referencia general para estructuras existentes. Para los elementos de madera, el diagnóstico in situ de zonas críticas, sección efectiva, humedad, condición de conservación y estimación de la capacidad resistente se apoya en la UNI 11119:2004. El estudio de López et al. (2023) respalda el uso combinado de inspección visual, medición geométrica, levantamiento gráfico y técnicas no destructivas en estructuras históricas de madera. Los niveles de severidad y los umbrales adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Tabla 2. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 1

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Bajo) | Nivel 2 (Medio) | Nivel 3 (Alto) |
|-----------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| P1 | % | $\leq 10\%$ | >10% a 30% | > 30% |
| P2 | Proporción (0–1) | < 0,10 | 0,10–0,50 | > 0,50 |
| P3 | mm | $\leq 1,0$ mm | >1,0 a 3,0 mm | > 3,0 mm |
| P4 | (m/m) | $\leq L/300$ | > L/300 a L/200 | > L/200 |

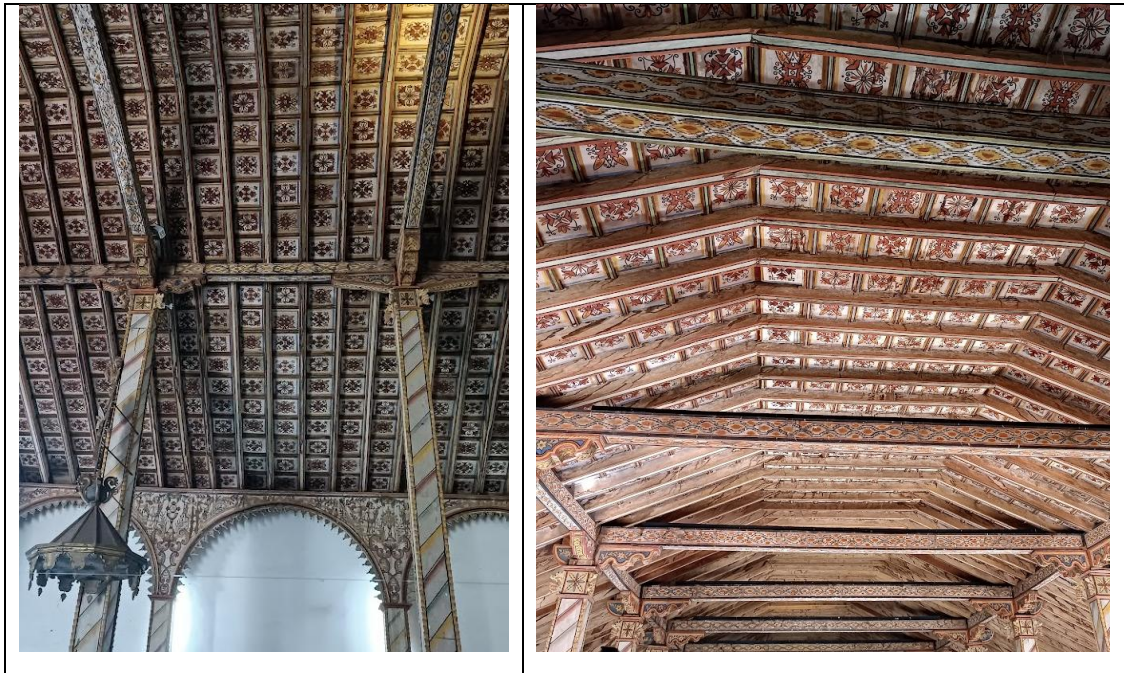
Fuente: Autora, 2025.

La proporción 0-1 significa una razón adimensional sin unidad, que va de 0 a 1, donde 0 se refiere a que ninguna parte está afectada, y 1 la región está totalmente afectada.

Indicador E2 - Deterioro de vigas y tirantes estructurales

El indicador E2 cuantifica la degradación que altera la redistribución de esfuerzos en el sistema de cubierta mediante variables integradas de pérdida de sección, fisuración, abertura y flecha.

Figura 74. Manifestación patológica en vigas y tirantes



Fuente: Autora, 2025.

Las vigas y tirantes dan estabilidad global del techo, su deterioro puede aumentar deformaciones, inducir empujes no previstos sobre muros y comprometer la seguridad estructural en edificaciones históricas.

Contribución de los autores en la literatura acerca del estudio de este indicador.

Cuadro 11. Autores que justifican el Indicador Estructural 2

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|-------|----------|------------|--------------|
| | | | |

| | | | |
|-----------------------------|---|--|---|
| Kubica et al. (2025) | Influence of damage to a timber truss roof structure on the stress distribution in a 17th century brick masonry vault | Iglesia histórica: cercha de madera con tirante apoyado en muro, interacción con bóveda de mampostería | Muestra que la degradación biológica en uniones y tirante provoca desplazamientos y redistribución de esfuerzos en la cercha, alterando la respuesta, sustenta inspección visual, pérdida de sección y deformaciones. |
| Nowogońska e Drobiec (2025) | Prevention of failure of heritage buildings through diagnostic testing using the example of testing of roof structure elements from the 15th century | Iglesia del siglo XV: elementos de cercha/cubierta (vigas y miembros de techo) con diagnóstico in situ | Indica que la madera estructural en patrimonio frecuentemente requiere restauración urgente y que la intervención debe basarse en diagnóstico, prioriza detectar daño biológico, discontinuidades y defectos internos con NDT. |
| López et al. (2023) | Diagnosis and assessment of a historic timber structure in La Casa del Corregidor, using non-destructive techniques | Edificio histórico (8 pisos) con múltiples elementos estructurales de madera (inventario masivo) | Presenta evaluación masiva con inspección sistemática y técnicas no destructivas para identificar defectos, deterioros y daños, produce planos diagnósticos por elemento, apoyando priorización de conservación e intervención. |
| Li et al. (2024) | Combination of LiDAR detection and green integral method for calculating irregular cross-section geometric properties of deteriorated components in timber historic buildings | Edificaciones históricas de entramado de madera, componentes portantes (vigas) con pérdida de material y secciones irregulares | Demuestra que pérdida de material e irregularidad geométrica reducen estabilidad y capacidad portante, propone cuantificación de propiedades de sección mediante LiDAR y métodos integrales para caracterizar deterioro en vigas. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetros de evaluación

P1 – Pérdida de sección (%): reducción de la sección resistente en zonas críticas (apoyos, uniones y áreas con biodeterioro), con impacto directo en la capacidad portante del elemento.

P2 – Extensión de fisuras (0–1): proporción de longitud/área fisurada respecto del tramo inspeccionado, para representar la pérdida de continuidad y el grado de daño distribuido.

P3 – Abertura de fisura (mm): abertura máxima medida en fisuras estructuralmente significativas, como indicador de severidad y potencial evolución del mecanismo de daño.

La evaluación del indicador se apoya en inspección técnica in situ y documentación sistemática de patologías en estructuras históricas de madera, con

referencia a la EN 17121:2019, que orienta la evaluación sobre el terreno de elementos portantes de madera en patrimonio construido. Como marco complementario de evaluación de seguridad de estructuras existentes puede citarse la ISO 13822:2010.

Los estudios de Kubica et al. (2025), López et al. (2023), Nowogońska y Drobiec (2025) y Li et al. (2024) respaldan, respectivamente, la relación entre deterioro, desplazamientos y redistribución de esfuerzos, el uso de inspección sistemática y técnicas no destructivas, la necesidad de basar la intervención en diagnóstico, y la cuantificación de pérdida de sección e irregularidad geométrica en elementos portantes de madera. Los niveles de severidad adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Tabla 3. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 2

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Bajo) | Nivel 2 (Medio) | Nivel 3 (Alto) |
|-----------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| P1 | % | $\leq 10\%$ | >10% a 30% | > 30% |
| P2 | Proporción (0–1) | < 0,10 | 0,10–0,50 | > 0,50 |
| P3 | mm | $\leq 1,0$ mm | >1,0 a 3,0 mm | > 3,0 mm |

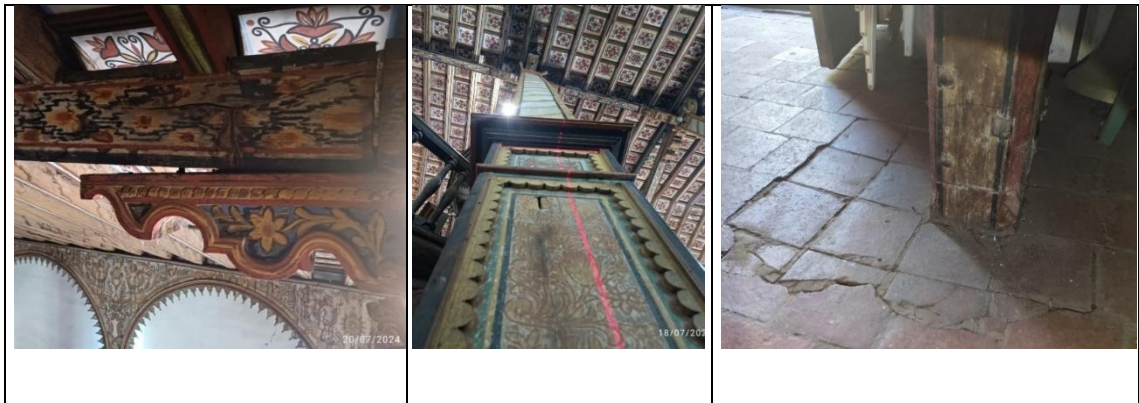
Fuente: Autora, 2025.

La proporción 0-1 significa una razón adimensional sin unidad, que va de 0 a 1, donde 0 se refiere a que ninguna parte está afectada, y 1 la región está totalmente afectada.

Indicador E3 - Deterioro de Pilares/horcones de madera

El indicador E3 evalúa la pérdida de capacidad de columnas debido al deterioro, centrándose en los efectos sobre la estabilidad, la pérdida de sección y la reducción de la rigidez.

Figura 75. Manifestación patológica de los Pilares de madera



Fuente: Autora, 2025.

Es crucial este indicador, ya que la degradación del elemento vertical puede

afectar apoyos, aumentar la deflexión en las vigas, redistribuir tensiones a los elementos adyacentes y desencadenar mecanismos de daño progresivo en el sistema de madera y mampostería. A continuación, se presenta la contribución de los autores en la literatura acerca del estudio de este indicador.

Cuadro 12. Autores que justifican el Indicador Estructural 3

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|-------------------|---|--|---|
| Li et al. (2025) | Machine learning for defect condition rating of wall wooden columns in ancient buildings | Columnas de madera en edificios antiguos, columnas semi expuestas en muros | Propone calificación in situ de defectos en columnas de madera mediante machine learning y datos NDT, aumentando eficiencia y confiabilidad del diagnóstico para apoyar decisiones de conservación. |
| Gao et al. (2025) | Study on seismic performance of post-and-lintel timber structure | Sistema tradicional con columnas y vigas | Identifica modos de falla sísmica y demuestra la influencia de uniones base y juntas mortaja-espiga, sustentando usar inclinación y condición de conexiones. |
| Li et al. (2024) | Combination of LiDAR detection and green integral method for calculating irregular cross-section geometric properties of deteriorated components in timber historic buildings | Componentes portantes de madera deteriorados en edificios históricos, con énfasis en secciones transversales irregulares medidas con LiDAR y procesadas por métodos geométricos. | Demuestra que pérdida de material e irregularidad de sección reducen estabilidad y capacidad, usa LiDAR para cuantificar propiedades geométricas esenciales para diagnóstico y conservación. |
| Xu et al. (2021) | Application of Nondestructive Testing Technologies in Preserving Historic Trees and Ancient Timber Structures in China | Revisión sobre preservación de árboles históricos y estructuras antiguas de madera en China, basada en aplicaciones de NDT en campo. | Revisa y compara técnicas NDT para inspección y detección de defectos internos en estructuras antiguas de madera, apoyando diagnóstico basado en mediciones y monitoreo para conservación preventiva. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – Altura afectada (0–1): fracción de la altura del fuste con evidencia de daño como biodegradación, fisuración, y/o pérdida de material.

P2 – Pérdida de sección en base (%): porcentaje de reducción de sección en la zona basal (especialmente por humedad y xilófagos).

P3 – Inclinación y condición de base (clase): registro de desplome (° o mm/m) y clasificación cualitativa de la condición de apoyo o base.

La condición del indicador E3 se levanta mediante inspección visual, registro

fotográfico, mapeo de daños y mediciones geométricas del desplome, con referencia a la UNE-EN 16096:2016 para la inspección del estado, el registro y el informe del patrimonio construido, y a la EN 17121:2019 para la evaluación in situ de estructuras portantes de madera en edificios patrimoniales.

Como marco complementario de procedimiento de inspección puede citarse la ABNT NBR 16747:2020. Para la interpretación del comportamiento del elemento dentro de la estructura existente puede adoptarse la ISO 13822:2010 como referencia general. En miembros de madera, la delimitación de zonas críticas, sección crítica y sección efectiva se apoya en la UNI 11119:2004. Los niveles de severidad adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Tabla 4. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 3

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| P1 | Proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | $>0,10$ a $0,50$ | $> 0,50$ |
| P2 | % | $\leq 10\%$ | $>10\%$ a 30% | $> 30\%$ |
| P3 | mm/m | ≤ 5 | >5 a 15 | > 15 |

Fuente: Autora, 2025.

La proporción 0-1 significa una razón adimensional sin unidad, que va de 0 a 1, donde 0 se refiere a que ninguna parte está afectada, y 1 la región está totalmente afectada.

Indicador E4 - Fisuras estructurales en muros

El indicador E4 caracteriza las grietas estructurales en muros mediante parámetros como la apertura y la distribución, considerándolas como evidencia de un cambio en el estado de tensiones y la continuidad de la resistencia.

Figura 76. Manifestación patológica en muros



Fuente: Autora, 2025.

En sistemas de tierra o adobe, la humedad ascendente y las sales pueden contribuir a procesos que favorecen el agrietamiento y una mayor penetración de agua, lo que lleva a una posible formación de fisuras en distintos padrones dependiendo del tipo de fisuración del que se trate.

Cuadro 13. Autores que justifican el Indicador Estructural 4

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|-------------------------|--|--|---|
| Rezaie et al. (2021) | Investigating the cracking of plastered stone masonry walls under shear-compression loading | Seis muros/pilares de mampostería de piedra con yeso | Cuantifica la evolución de fisuras bajo cortante compresión usando DIC y segmentación por deep learning, midiendo apertura y fisura residual, respalda umbrales por apertura para diagnóstico. |
| Rezaie et al. (2022) | Machine-learning for damage assessment of rubble stone masonry piers based on crack patterns | Pilares/elementos de mampostería de piedra irregulares | Propone machine learning para estimar daño a partir de patrones de fisuras (apertura máxima, densidad y complejidad), prediciendo pérdida de rigidez, resistencia y deriva en elementos de mampostería. |
| Korswagen et al. (2022) | Fragility curves for light damage of clay masonry walls subjected to seismic vibrations | Muros de mampostería cerámica replicada | Deriva curvas de fragilidad para daño leve vinculando probabilidad de fisuras visibles (p. ej., >0,1 mm) con PGV y estado inicial, aporta criterios cuantitativos para clasificación temprana. |
| D'Altri et al. (2025) | Simulation-driven machine learning for real-time damage prognosis in masonry structures | Muros de mampostería agrietados debido a asentamientos diferenciales | Integra simulación numérica y redes neuronales para traducir distribuciones de apertura de fisuras en pronóstico de daño, con estimación en tiempo real. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – Abertura de fisura (mm): apertura máxima.

P2 – Densidad de fisuración (m/m^2): longitud total de fisuras por unidad de área del paramento (o métrica equivalente de densidad adoptada).

La evaluación del indicador E4 se realiza mediante inspección in situ, mapeo sistemático de fisuras y medición de apertura y distribución de grietas. La ISO 13822:2010 puede citarse como marco general para la evaluación de estructuras existentes, en la medida en que contempla inspección visual, registro de daños y clasificación cualitativa del estado, así como la necesidad de evaluaciones detalladas

cuando exista incertidumbre.

Como referencia metodológica complementaria para la caracterización del daño por fisuración puede utilizarse FEMA 306, especialmente en la consideración del ancho, la extensión y el patrón de las grietas. La cuantificación de la abertura máxima y de la densidad de fisuración se apoya en la literatura técnica reciente, particularmente en Rezaie et al. (2021; 2022), como soporte científico y no normativo.

Tabla 5. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 4

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Bajo) | Nivel 2 (Medio) | Nivel 3 (Alto) |
|-----------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| P1 | mm | ≤ 1 | >1 a 5 | > 5 |
| P2 | m/m ² | $\leq 0,5$ | >0,5 a 2,0 | > 2,0 |

Fuente: Autora, 2025.

Los umbrales de severidad adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Indicador E5 - Ataque de xilófagos en elementos estructurales

El indicador E5 mide el impacto de los insectos xilófagos en la integridad estructural de la madera, lo que se traduce en pérdida de material resistente, reducción de las propiedades mecánicas y la necesidad de considerar la sección transversal efectiva para la evaluación.

Figura 77. Manifestación patológica con ataque de xilófagos



Fuente: Autora, 2025.

Este indicador es crucial, ya que el ataque de insectos tiende a producir un deterioro más difuso (huecos internos) y puede reducir la rigidez y la resistencia sin signos externos proporcionales, intensificándose con frecuencia en zonas

vulnerables, como los extremos en contacto con paredes y las zonas con mayor humedad.

Cuadro 14. Autores que justifican el Indicador Estructural 5

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|-------------------------------|--|---|---|
| Cruz et al. (2015) | Guidelines for the on-site assessment of historic timber structures | Revisión metodológica para evaluación in situ de estructuras históricas de madera | Evaluación in situ en patrimonio, articulando inspección, diagnóstico y criterios de decisión; sustenta registrar daños y degradación como base para priorizar intervención. |
| Degl'Innocenti, et al. (2022) | Evaluation of the mechanical contribution of wood degraded by insects in old timber beams through analytical calculations and experimental tests | Vigas históricas con degradación periférica por insectos, análisis geométrico + ensayos | Exige identificar el ataque y medir áreas degradadas, demuestra que incorporar madera degradada por insectos altera la verificación estructural, evitando decisiones excesivamente conservadoras. |
| Palanti et al. (2014) | A case study: The evaluation of biological decay of a historical hayloft in Rendena Valley, Trento, Italy | Vigas de madera | Describe diagnóstico in situ del biodeterioro, define señales de ataque de insectos (orificios, túneles) y organiza inspección micro-invasivos para clasificar deterioro por elemento. |
| Feio e Machado (2015) | In-situ assessment of timber structural members: Combining information from visual strength grading and NDT/SDT—A review | Revisión: elementos estructurales de madera, integración de inspección visual + NDT/SDT | Revisión de evaluación in situ, integra inspección visual y ensayos no destructivos, semi-destructivos para detectar degradación interna/biológica, apoyando estimar profundidad y extensión del ataque xilófago. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – Superficie afectada (%): porcentaje de superficie con evidencias (orificios, galerías expuestas, material pulverulento, etc.).

P2 – Actividad (clase 1–4): clasificación ordinal del nivel de actividad (p.ej., inactiva → alta), basada en evidencias observables.

P3 – Profundidad de galerías (mm): profundidad estimada o medida del ataque sin intervención destructiva relevante.

La condición del indicador E5 se levanta mediante inspección visual

sistemática, mapeo de evidencias de ataque biológico y mediciones in situ, con referencia a la EN 17121:2019 para la evaluación en sitio de estructuras históricas portantes de madera, especialmente en la identificación y medición de áreas con ataque biológico y daño, con apoyo de técnicas no destructivas o semidestructivas cuando sea necesario.

El registro, la documentación y el informe pueden organizarse con base en la UNE-EN 16096, mientras que la ISO 13822:2010 puede citarse como marco general para la evaluación de estructuras existentes. La interpretación estructural del daño, incluyendo la distinción entre sección efectiva residual y reducción de propiedades mecánicas en ataques difusos, se apoya en la literatura técnica especializada. Los niveles de severidad y las clases de actividad adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Tabla 6. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 5

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|-------------|--|--|--|
| P1 | % | ≤ 10% | > 10% y ≤ 30% | > 30% |
| P2 | Clase (1-4) | Clases 1–2: inactiva o baja actividad (predominan signos antiguos, sin evidencias frescas) | Clase 3: actividad moderada (signos recientes puntuales y recurrentes) | Clase 4: actividad alta (evidencias recientes generalizadas y progresivas) |
| P3 | mm | ≤ 5 | > 5 y ≤ 15 | > 15 |

Fuente: Autora, 2025.

Las clases de actividad corresponden a una escala ordinal propuesta en esta investigación para sistematizar evidencias observables de actividad xilófaga durante la inspección, no constituyen una clasificación establecida directamente por las normas citadas.

Indicador E6 – Porcentaje de humedad en zonas

El indicador E6 se refiere a la humedad en zonas estructurales críticas, es decir, en soportes, bases de muros de carga y uniones entre materiales portantes, donde la presencia persistente de agua puede reducir la durabilidad y agravar los procesos de

biodeterioro o desintegración con implicaciones estructurales.

Figura 78. Manifestación patológica de humedad en zonas de la edificación



Fuente: Autora, 2025.

La humedad sostenida acelera el biodeterioro de la madera y, en mampostería/tierra/adobe, puede promover la acumulación higroscópica de sales y ciclos de disolución-recristalización que generan tensiones internas, favoreciendo el agrietamiento y agravando las patologías estructurales con el tiempo.

Cuadro 15. Autores que justifican el Indicador Estructural 6

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|------------------------|---|---|--|
| Zybała et al. (2024) | Typology, current state and non-destructive testing of timber roof trusses of historic churches in the West Vistula Delta, Poland | Cerchas de cubierta de iglesias históricas en el delta del Vístula | Presenta un estudio interdisciplinario en seis iglesias que determina la geometría de las cerchas, las técnicas carpinteras y el contenido de humedad de los elementos de madera mediante inspección visual y ensayos NDT (GPR y ultrasonido), aportando información diagnóstica para evaluar el estado de conservación de estructuras históricas de madera. |
| Lubelli et al. (2018) | Effectiveness of methods against rising damp in buildings: Results from the EMERISDA project | Edificios (incluyendo patrimonio) con humedad ascendente por capilaridad, comparación de métodos de intervención y procedimientos de evaluación de efectividad. | Evalúa, en el marco EMERISDA, la eficacia de métodos contra humedad ascendente, propone un procedimiento experimental y una herramienta de decisión para seleccionar intervenciones compatibles con patrimonio. |
| Embacher et al. (2023) | Wood decay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment – | Madera en el ambiente construido, revisión de hongos degradadores y | Revisa interacciones hongo–bacteria en madera y su implicancia en ambientes construidos. Fundamenta |

| | | | |
|-----------------------|---|---|--|
| | A systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber | bacterias asociadas, con foco en implicancias para durabilidad y biodeterioro. | que el control de humedad es clave para limitar colonización y degradación |
| Palanti et al. (2014) | A case study: The evaluation of biological decay of a historical hayloft in Rendena Valley, Trento, Italy | Estructura histórica tipo granero con vigas de madera, evaluación y clasificación del decaimiento biológico en elementos estructurales. | Caso de estudio que clasifica el decaimiento biológico en vigas históricas y relaciona la presencia de hongos con la humedad de la madera, usando umbrales de contenido de humedad |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – Contenido de humedad en madera (%): medición puntual.

P2 – Humedad en base de muros (clase 1–4): clasificación ordinal del nivel de humedad ascendente/superficial (según evidencias y/o medición instrumental).

P3 – Evidencias asociadas de biodeterioro (clase): presencia y severidad (p.ej., manchas biológicas, pudrición, sales, desprendimientos asociados a humedad), en escala ordinal.

La medición y el diagnóstico de humedad y de sus manifestaciones asociadas se apoyan en la UNE-EN 16096 para la inspección del estado, el registro y el informe del patrimonio construido, y en la ISO 13822:2010 como marco general para la evaluación de estructuras existentes. En elementos estructurales de madera, la evaluación in situ puede complementarse con la EN 17121:2019, que considera las condiciones hidro-térmicas de servicio, el contenido de humedad de la madera y la identificación de daños biológicos.

La estimación del contenido de humedad en madera por método eléctrico puede referenciarse conforme a la EN 13183-2:2002 y, cuando se disponga de probetas, contrastarse con la EN 13183-1:2002. Cuando se utilice termografía infrarroja como técnica auxiliar, la ISO 6781:1983 y la UNE-EN 13187:1998 pueden citarse para la detección cualitativa de irregularidades térmicas en la envolvente. Los niveles y clases de severidad adoptados en esta investigación corresponden a criterios operativos propuestos para el caso de estudio.

Tabla 7. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 6

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|--------|---|--|--|
| P1 | % | < 20% en los puntos muestreados (por debajo del umbral mínimo asociado al | ≥ 20% en puntos localizados (focos en apoyos, encuentros madera-muro, zonas sombreadas). | ≥ 20% generalizado y/o persistente (múltiples elementos o zonas críticas con riesgo alto de biodeterioro). |

| | | | | |
|-----------|-------------|---|---|--|
| | | inicio de pudrición fúngica). | | |
| P2 | Clase (1–4) | Clase 1: seco o humedad puntual, sin eflorescencias. | Clases 2–3: humedad visible y o eflorescencias leves-moderadas, degradación superficial incipiente. | Clase 4: humedad intensa eflorescencias abundantes y o desprendimientos del material en la zona afectada. |
| P3 | Clase (1–3) | Clase 1: evidencias incipientes (manchas/localización biológica o sales incipientes) sin pérdida material apreciable. | Clase 2: evidencias moderadas (sales visibles, micro-desprendimientos, reblandecimiento superficial). | Clase 3: evidencias severas (pudrición y/o degradación biológica extensa, desprendimientos generalizados, pérdida material o disgregación en fábrica). |

Fuente: Autora, 2025.

Las clases son niveles de severidad diagnóstica usados cuando el fenómeno no se mide directamente con números, sino mediante evidencias observables de daño.

Indicador NE1- Fisuras superficiales en revoques

Este indicador cuantifica aberturas lineales finas confinadas a la capa de mortero, típicamente asociadas a retracción higrotérmica, incompatibilidades soporte-revestimiento o micro-movimientos del muro.

Figura 79. Manifestación patológica de fisuras superficiales en revoques



Fuente: Autora, 2025.

En edificios históricos, su criticidad radica en que funcionan como síntoma temprano de cambios deformaciones y/o humedad, además de crear trayectorias preferentes de ingreso de agua y sales, acelerando la degradación del sistema y pudiendo anteceder desprendimientos.

Cuadro 16. Autores que justifican el Indicador No Estructural 1

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|----------------------------|---|--|---|
| Galantucci Fatiguso (2019) | Advanced damage detection techniques in historical buildings using digital photogrammetry and 3D surface analysis | Edificios históricos, daños en envolvente | Demuestra un flujo no invasivo para identificar y cuantificar fisuras (y otras alteraciones) sobre modelos 3D, respalda la cuantificación objetiva de fisuras en revoques a partir de fotogrametría. |
| Gaspar e Brito (2008) | Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators | Fachadas con revoque, degradación por ambiente | Propone un marco de indicadores de degradación visual y una trayectoria de deterioro en revoques, sirve como base metodológica para formalizar la fisuración superficial como indicador específico dentro de un sistema de evaluación. |
| Wang et al. (2019) | Automatic damage detection of historic masonry buildings based on mobile deep learning | Edificios históricos, inspección visual asistida | Aporta evidencia de factibilidad para detección automática de daños superficiales en patrimonio usando deep learning, el enfoque es transferible a fisuras si se entrena la clase "crack", reforzando la trazabilidad y repetibilidad del registro. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetros de Evaluación

P1 – Abertura de fisura (mm): medición puntual con fisurómetro o lupa graduada, en zonas representativas.

P2 – Extensión/densidad de fisuras: longitud total (m) por unidad de área (m²) y/o porcentaje de superficie con fisuración mapeada.

P3 – Grado de fisuración (escala ordinal): calificación por comparación con patrones normalizados para "cracking" en recubrimientos (si se requiere una escala de referencia).

P4 – Carácter (activo/pasivo): verificación por inspección repetida y/o control con testigos de fisura cuando el patrón sugiera movimiento.

El registro, cartografía de daños y documentación fotográfica/geométrica se organiza según EN 16096. Para criterios de diseño/ejecución y compatibilidades de revoques (contextualización del daño y prevención), puede apoyarse en EN 13914-1 (revestimientos exteriores: requisitos y recomendaciones de diseño, detalle y aplicación). Si se requiere una escala ordinal normalizada para "fisuración", ISO 4628-4 define el método de evaluación del grado de "cracking" en recubrimientos por comparación con estándares pictóricos.

Tabla 8. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 7

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| P1 | mm | ≤ 0,2 | > 0,2 a 1,0 | > 1,0 |
| P2 | m/m ² | ≤ 0,5 | > 0,5 a 2,0 | > 2,0 |
| P3 | Clase (0–5) | 1–2 | 3 | 4–5 |
| P4 | Clase (0–1) | ≤ 0,10 | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |

Fuente: Autora, 2025.

Las clases son niveles de severidad diagnóstica usados cuando el fenómeno no se mide directamente con números, sino mediante evidencias observables de daño.

Indicador NE2 - Porcentaje de área desprendida de revoques

Este indicador mide la proporción del revestimiento que perdió adherencia (huecos o caída), reflejando falla del enlace mortero–soporte y, con frecuencia, acción de humedad, sales y ciclos térmicos

Figura 80. Manifestación patológica de desprendimiento



Fuente: Autora, 2025.

. Es crítico porque reduce la protección del sustrato (mampostería/adobe) y

eleva el riesgo de caída de fragmentos, un componente directo de seguridad para usuarios y de priorización de mantenimiento preventivo en fachadas históricas.

Tabla 9. Autores que justifican el Indicador No Estructural 2

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|------------------------------|---|---------------------------------|--|
| Freitas et al. (2014) | Detection of façade plaster detachments using infrared thermography – A nondestructive technique | Fachadas con revoque. | Valida termografía infrarroja como NDT para detectar desprendimientos (capa de aire o variación térmica), facilitando el mapeo y cálculo de % de área afectada. |
| Gaspar e Brito (2008) | Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators | Fachadas con revoque cementicio | Sustenta el uso de indicadores cuantificables y comparables en revoques para medir degradación, apoya la elección de “% de área desprendida” como métrica robusta. |
| Galantucci e Fatiguso (2019) | Advanced damage detection techniques in historical buildings using digital photogrammetry and 3D surface analysis | Superficies históricas (3D) | Permite cuantificar pérdidas o alteraciones superficiales mediante análisis 3D, útil para objetivar la extensión espacial del desprendimiento (por ortoimagen o malla 3D). |

Fuente: Autora, 2025.

P1 – % de área con pérdida de adherencia: mapeo de zonas con bordes levantados, huecos o caída para cuantificar el área afectada.

P2 – Área con anomalía termográfica compatible con desprendimiento: identificación por termografía infrarroja de patrones térmicos asociados a huecos o delaminación para estimar la proporción afectada.

P3 – Proporción de puntos con “sonido hueco” (percusión ligera): verificación puntual en una malla de muestreo para confirmar pérdida de adherencia sin extraer material.

P4 – Condición higrotérmica asociada: relación entre el desprendimiento y señales de humedad o sales para indicar mecanismos de deterioro del entorno inmediato.

La UNE-EN 16096 puede utilizarse como referencia para la inspección del estado de conservación, el registro, la documentación y el informe de áreas con desprendimiento de revoques en patrimonio construido, mediante observación visual y mediciones simples.

La ABNT NBR 16747:2020 puede emplearse como referencia complementaria para el procedimiento de inspección predial, basado en levantamiento de datos, anamnesis, historia sensorial y clasificación de las irregularidades constatadas. Para el levantamiento termográfico cualitativo, la UNE-EN 13187:1998 y la ISO 6781:1983 pueden citarse como referencias para la identificación de anomalías térmicas en la

envolvente.

Tabla 10. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 8

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|
| P1 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P2 | proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P3 | proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P4 | proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |

Fuente: Autora, 2025.

En los parámetros expresados como proporción (0–1), el valor resulta de la relación entre la cantidad afectada y el total de referencia inspeccionado. En P2, la proporción corresponde al cociente entre el área con anomalía termográfica compatible con desprendimiento y el área total evaluada, en P3 al cociente entre los puntos con respuesta de “sonido hueco” y el total de puntos ensayados, y en P4 a la relación entre el área donde coinciden desprendimiento y evidencias de humedad o sales y el área total desprendida. Esta normalización permite comparar parámetros obtenidos por procedimientos distintos dentro de una misma escala adimensional.

Indicador NE3 - % de área con daños en elementos decorativos y cielorrasos de madera no portante

Este indicador estima la extensión de deformaciones, fisuración, pérdidas de material o ataque biológico en molduras y tablazones de cielo raso no estructural.

Figura 81. Manifestación patológica en madera no portante



Fuente: Autora, 2025.

Aunque no porte cargas principales, es crítico porque expresa el estado higrotérmico interior (humedad, condensación, filtraciones) y la actividad biótica (hongos/insectos), con riesgo de desprendimientos locales y señalización indirecta de condiciones que también pueden comprometer maderas estructurales cercanas.

Tabla 11. Autores que justifican el Indicador No Estructural 3

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|------------------------|---|--|--|
| Pinheiro et al. (2013) | Identification of a fungal community on gilded wood carved heritage | Madera tallada, dorada (decoración de cielo raso) | Sustenta la inclusión del biodeterioro fúngico en madera decorativa y su relación con infiltraciones y condiciones de humedad. |
| Grøntoft T. (2023) | Modelling of the deterioration and conservation costs of polychrome painted wood in two Norwegian medieval stone churches | Madera pintada, policromada en iglesias históricas. | Justifica la relación entre condiciones ambientales interiores y degradación de madera decorativa, respaldando el uso de variables asociadas a humedad y estado de conservación. |
| Rizou et al. (2024) | Non-destructive microwave techniques for the quantification and elimination of moisture in cultural heritage monuments | Patrimonio construido con evaluación instrumental de humedad | Aporta fundamento metodológico general para la medición no destructiva de humedad como variable relevante en el diagnóstico del deterioro. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetro de Evaluación

P1 – % de área afectada: deformaciones, pérdidas, fisuras, pérdidas de material,

disgregación o signos visibles de biodeterioro en tablazones, molduras y otros componentes decorativos de madera, determinada mediante inspección y mapeo de daños.

P2 – Contenido de humedad en madera (%): medición puntual o mediante malla de muestreo en piezas representativas, con el fin de identificar condiciones favorables para deterioro material o biológico.

P3 – Evidencias de biodeterioro (alcance): registro de signos visibles, tales como manchas, micelio, galerías, pulverulencia, pérdidas localizadas o alteraciones superficiales compatibles con actividad biológica, la confirmación analítica se reserva para los casos en que el diagnóstico visual resulte insuficiente.

P4 – Geometría o deformación local: registro de flechas, alabeos o desplomes en zonas representativas, cuando dichas alteraciones sean perceptibles y relevantes para la estabilidad local del revestimiento o del cielorraso.

La EN 13183-2 puede emplearse como referencia metodológica para la estimación no destructiva del contenido de humedad en madera mediante medidores por resistencia eléctrica. Mientras que la EN 17121 aporta un marco complementario de inspección y evaluación in situ de madera histórica en patrimonio edificado, aunque su alcance se dirige principalmente a elementos portantes. Por su parte la ISO 16000-21 resulta pertinente para la toma de muestras de mohos en materiales cuando la inspección visual no basta para confirmar biodeterioro fúngico.

Tabla 12. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 9

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| P1 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P2 | % | ≤ 12 | > 12 a 20 | > 20 |
| P3 | Proporción (0–1) | ≤ 0,10 | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P4 | mm/m | ≤ 5 | > 5 a 15 | > 15 |

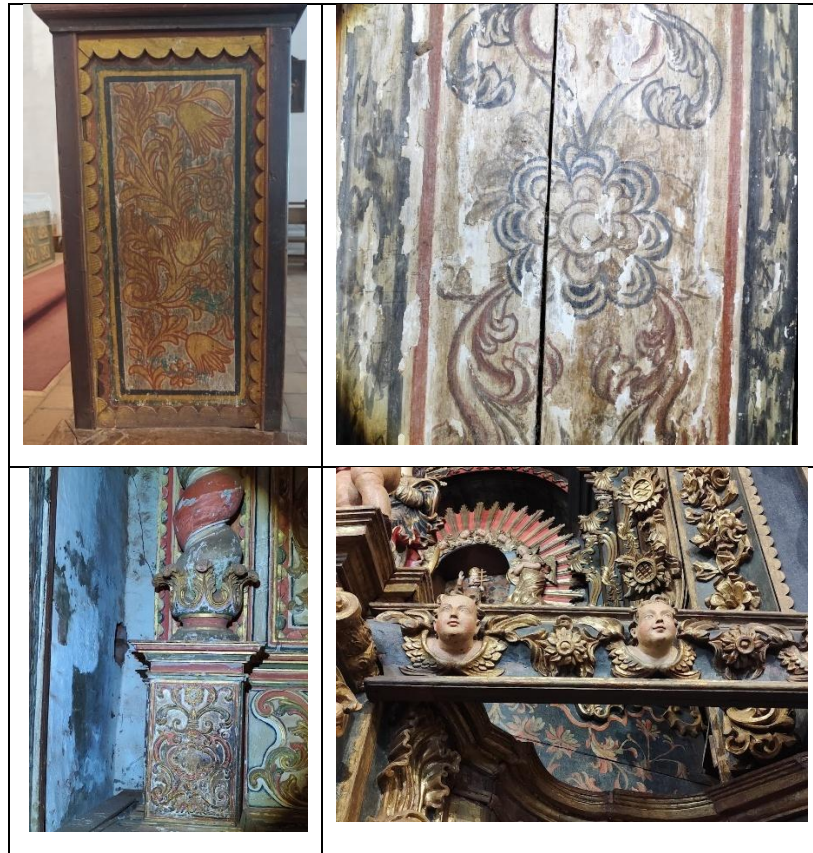
Fuente: Autora, 2025.

La proporción (0–1) representa la fracción del área inspeccionada que presenta signos visibles de biodeterioro.

Indicador NE4 - % de área con desprendimiento y alteración de policromías

Este indicador evalúa la extensión superficial de levantamientos, escamaciones y pérdidas localizadas en estratos policromos, por constituir manifestaciones de pérdida material y de alteración de la integridad de acabados históricos.

Tabla 13. Manifestaciones patológicas en policromías



Fuente: Autora, 2025.

En bienes con policromía aplicada sobre soporte mural o lignario, estas manifestaciones pueden estar asociadas a variaciones higrotérmicas, aporte de humedad desde el soporte y procesos de degradación del sistema estratigráfico, no obstante, la relación causal específica debe verificarse caso por caso mediante la lectura conjunta del daño, del contexto constructivo y de las evidencias de humedad.

Tabla 14. Autores que justifican el Indicador No Estructural 4

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|--------------------|---|---|--|
| Zhao et al. (2024) | An active infrared system for identifying the flaking disease in Qingyang North Grotto Temple | Patrimonio pétreo con daño por desprendimiento en templo rupestre | Sustenta de forma directa la identificación del desprendimiento laminar en superficies patrimoniales y su caracterización no destructiva mediante termografía activa. |
| Grøntoft T. (2023) | Modelling of the deterioration and conservation costs of polychrome painted wood in two Norwegian medieval stone churches | Madera policromada en dos iglesias medievales noruegas. | Sustenta la relación entre ambiente interior y deterioro de madera policromada, indicando que la degradación de la pintura se asocia a movimientos de la madera inducidos por temperatura y humedad del aire, con deformaciones y fallas de la capa pictórica. |
| Pinheiro et al. | Identification of a fungal community | Madera tallada y dorada en | Apoya de manera complementaria la asociación entre humedad, biodeterioro y |

| | | | |
|---------------------|--|---|---|
| (2013) | on gilded wood carved heritage | patrimonio eclesiástico | alteración de acabados artísticos. El caso documenta que el ataque fúngico apareció tras una filtración de agua y que comprometía la integridad de la talla y del revestimiento dorado. |
| Rizou et al. (2024) | Non-destructive microwave techniques for the quantification and elimination of moisture in cultural heritage monuments | Mampostería histórica con exceso de humedad | Refuerza de manera indirecta el papel de la humedad en el soporte como agente de deterioro en patrimonio construido, mostrando una metodología no destructiva para cuantificar contenido de agua en muros históricos. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetros de evaluación

P1 – % de superficie con levantamiento, escamación o pérdida localizada: cuantificación de la superficie afectada mediante cartografía de daños sobre registro fotográfico o base geométrica.

P2 – Grado de descamación (escala comparativa auxiliar): clasificación visual del desprendimiento mediante patrones de referencia, solo cuando la morfología del daño sea compatible con este tipo de lectura.

P3 – Evidencias asociadas de humedad o biodeterioro: registro de manchas, colonización biológica, sales o señales de aporte hídrico en el entorno inmediato de la policromía, con función interpretativa y no como sustituto del diagnóstico causal.

P4 – Alteración cromática instrumental (solo cuando el soporte y el método sean compatibles): medición colorimétrica en zonas representativas para seguimiento comparativo en campañas sucesivas, sin utilizar el parámetro como criterio aislado de severidad material.

La EN 16096 proporciona el marco general para la inspección visual, el registro, la documentación y el reporte del estado de conservación del patrimonio cultural construido, por lo que resulta pertinente para organizar el levantamiento sistemático de daños observables en superficies policromadas integradas al bien. Sin embargo, esta norma no establece por sí misma criterios específicos de diagnóstico causal ni umbrales de severidad aplicables a la alteración de policromías históricas.

La EN 15886 puede emplearse de manera complementaria para la medición instrumental del color superficial, siempre que el soporte, el tipo de acabado y las condiciones de lectura sean compatibles con el método. En este sentido, el parámetro P4 se incorpora como variable de registro y monitoreo comparativo, expresada mediante mediciones colorimétricas en sistema CIELAB realizadas en puntos representativos, sin utilizarse como criterio aislado para inferir desprendimiento

material ni gravedad del daño.

Tabla 15. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 10

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| P1 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P2 | grado (0–5) | 0 a 1 | 2 a 3 | 4 a 5 |
| P3 | Proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P4 | ΔE^{*ab} | registrar valor | registrar valor | registrar valor |

Fuente: Autora, 2025.

Por su parte, las normas ISO 4628-5 e ISO 4628-4 pueden ser utilizadas como referencias visuales auxiliares para describir fenómenos morfológicamente análogos de descamación o fisuración en recubrimientos.

El parámetro P3 se utiliza como variable interpretativa complementaria, expresada como proporción de área afectada (0–1), para registrar evidencias asociadas de humedad, biodeterioro o sales en el entorno inmediato de la policromía, sin sustituir el análisis causal específico de la alteración observada.

Indicador NE5 - % de tejas rotas o faltantes en la cobertura

Este indicador cuantifica la proporción de piezas de cobertura que presentan rotura, pérdida o desplazamiento visible, por constituir discontinuidades del manto de teja y, por tanto, posibles zonas de reducción del desempeño hídrico de la cubierta.

Tabla 16. Tejas rotas en la cobertura



Fuente: Autora, 2025.

La entrada de agua por cubierta acelera el deterioro de mampostería, revoques, pinturas/policromías y elementos de madera, pudiendo desencadenar biodeterioro y patologías recurrentes; además, la teja suelta incrementa el riesgo de caída de piezas

y daños por viento.

Cuadro 17. Autores que justifican el Indicador No Estructural 5

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|-------------------------------------|---|--|--|
| Subashi De Silva; Mallwattha (2018) | Strength, durability, thermal and run-off properties of fired clay roof tiles incorporated with ceramic sludge | Tejas cerámicas (propiedades mecánicas/durabilidad) | Relaciona el desempeño de las tejas con propiedades de resistencia y durabilidad, apoya el uso de piezas rotas o faltantes como indicio de pérdida de desempeño de la cobertura. |
| Sánchez de Rojas et al. (2011) | Influence of freezing test methods, composition and microstructure on frost durability assessment of clay roofing tiles | Tejas cerámicas (durabilidad a ciclos hielo-deshielo) | Describe mecanismos de daño en tejas cerámicas vinculados con microestructura, porosidad y exposición, respalda el registro de piezas fisuradas o rotas en la cobertura. |
| Colace et al. (2025) | Situation-aware Cyber-Physical-Social System for Cultural Heritage | Sitios y estructuras de patrimonio cultural edificado. | Propone un sistema de monitoreo y mantenimiento predictivo para patrimonio cultural que detecta, a partir de imágenes aéreas y modelos de visión computacional, problemas de conservación. |

Fuente: Autora, 2025.

Parámetros de Evaluación

P1 – % de tejas rotas, faltantes o desplazadas: calculado sobre el total de piezas observables en cada sector inspeccionado de la cobertura.

P2 – % de sectores con evidencia visible de pérdida de estanqueidad asociada: registro de manchas, escurrimientos o goteos observables vinculables a la cobertura.

P3 – % de encuentros críticos con falla visible de remate o solape: registro de cumbreras, aleros y otros puntos singulares donde se observe discontinuidad material o defecto de encuentro.

Para tejas cerámicas la EN 1304 establece las definiciones y especificaciones del producto, mientras que EN 539-1 describe métodos de ensayo para verificar su impermeabilidad al agua. La ABNT NBR 15310 resulta pertinente para la especificación y aceptación de piezas de reposición, por su parte la EN 16096 es adecuada para estructurar el relevamiento visual y el reporte del estado de

conservación de la cobertura en el ámbito del patrimonio cultural edificado.

Tabla 17. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 11

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| P1 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P2 | Proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P3 | Proporción (0–1) | $\leq 0,10$ | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |

Fuente: Autora, 2025.

La unidad proporción (0–1) expresa la razón entre el número de unidades evaluadas que presentan una determinada manifestación y el total de unidades observadas, variando de 0 ausencia de ocurrencias a 1 presencia de la manifestación en la totalidad de las unidades analizadas. En el parámetro P2, las unidades corresponden a los sectores inspeccionados de la cobertura en el parámetro P3, a los encuentros críticos evaluados.

Indicador NE6 - Humedad superficial y biodeterioro leve

El indicador NE6 se refiere a la humedad superficial y al biodeterioro incipiente en muros y acabados, evaluando las manifestaciones visibles y el comportamiento higrotérmico superficial sin considerar principalmente la capacidad portante del elemento.

Figura 82. Manifestación patológica humedad





Fuente: Autora, 2025.

En mampostería histórica, la humedad ascendente debe analizarse junto con la presencia de sales y las condiciones de evaporación, porque estos factores condicionan la evolución del daño material. Asimismo, la persistencia de humedad puede favorecer crecimiento biológico y comprometer la estabilidad superficial de los estratos de acabado.

Cuadro 18. Autores que justifican el Indicador No Estructural 6

| Autor | Artículo | Estructura | Contribución |
|------------------------|--|---|---|
| Franzoni et al. (2023) | An integrated approach to the monitoring of rising damp in historic brick masonry | Mampostería histórica | Sustenta que la humedad ascendente en mampostería histórica debe evaluarse mediante monitoreo integrado, considerando contenido de humedad, aporte de agua desde el terreno, capacidad de evaporación y presencia de sales higroscópicas. |
| Lubelli et al. (2018) | Effectiveness of methods against rising damp in buildings: Results from the EMERISDA project | Muros de edificios históricos afectados por humedad ascendente | Sustenta que la humedad ascendente es una amenaza recurrente en edificios históricos y que favorece procesos como cristalización de sales y crecimiento biológico. |
| Rizou et al. (2024) | Non-destructive microwave techniques for the quantification and elimination of moisture in cultural heritage monuments | Monumento arqueológico de fábrica de toba, con medición de humedad en mampostería | Aporta base para la cuantificación no destructiva de humedad en mampostería patrimonial mediante técnicas de microondas. |
| Pinheiro et al. | Identification of a fungal | Madera tallada y dorada de | Aporta apoyo indirecto al componente de biodeterioro, al relacionar |

| | | | |
|--------|--|-------------------------|--|
| (2013) | community on gilded wood carved heritage | patrimonio religioso | colonización fúngica y condiciones de humedad en patrimonio lignario. |
|--------|--|-------------------------|--|

Fuente: Autora, 2025.

Parámetros de Evaluación

P1 – % de superficie con humedad visible: manchas, oscurecimiento, brillo anómalo, halo higroscópico y/o humectación superficial visible.

P2 – % de superficie con eflorescencias o depósitos salinos visibles: manifestaciones superficiales compatibles con humedad persistente y migración/cristalización de sales.

P3 – Termografía infrarroja (mapeo cualitativo, complementario): proporción del área con anomalía térmica compatible con humedad.

P4 – % de superficie con biodeterioro superficial visible: hongos, algas, colonización fúngica superficial incipiente.

La norma EN 16302 permite medir la absorción de agua superficial en materiales porosos, lo que proporciona un parámetro útil para estimar la susceptibilidad a la humectación. La norma EN 16322 permite evaluar el comportamiento de secado del material, indicando la permanencia relativa de la humedad.

Las normas ISO 6781 y EN 13187 se pueden utilizar en termografía infrarroja para identificar cualitativamente áreas con anomalías térmicas compatibles con la humedad, sin proporcionar directamente un grado cuantitativo de severidad. Mientras tanto, la norma ISO 16000-21 establece requisitos para la recolección de muestras de moho de los materiales, siendo útil para confirmar la presencia de colonización biológica

Tabla 18. Parámetros de medición y niveles de severidad del Indicador 12

| Parámetro | Unidad | Nivel 1 (Leve) | Nivel 2 (Moderado) | Nivel 3 (Severo) |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| P1 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P2 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |
| P3 | Proporción (0–1) | ≤ 0,10 | > 0,10 a 0,30 | > 0,30 |
| P4 | % | ≤ 2 | > 2 a 10 | > 10 |

Fuente: Autora, 2025.

La unidad proporción (0–1) expresa la relación entre el área afectada y el área total evaluada, en escala decimal, es decir el valor de 0,10 equivale al 10 % de la superficie inspeccionada, y un valor de 0,30 equivale al 30 %. Esta forma de expresión permite comparar de manera homogénea la extensión relativa de la manifestación patológica entre distintas zonas del edificio.

En síntesis, los indicadores propuestos en esta investigación son el resultado de un proceso desarrollado a partir de la inspección visual, el registro fotográfico y la lectura técnica de las manifestaciones patológicas observadas en el Templo San Buenaventura de Yaguarón.

La visita al inmueble permitió reconocer los daños, su localización, recurrencia y relación con los sistemas constructivos, y fue sobre esta base empírica que posteriormente se estructuró el conjunto de indicadores. En este sentido, el modelo MIVES se adopta como referencia metodológica para organizar, jerarquizar y sistematizar los hallazgos de la inspección, pero no como un protocolo ya aplicado integralmente en campo con todos los parámetros medidos.

Así, los indicadores constituyen uno de los resultados principales de la investigación, por cuanto traducen la lectura diagnóstica del caso de estudio en una propuesta estructurada de evaluación aplicable al bien analizado.

CONSIDERACIONES FINALES Y TRABAJOS FUTUROS

La investigación permitió articular el estudio histórico, el reconocimiento constructivo, la documentación geométrica y el diagnóstico visual del Templo San Buenaventura de Yaguarón. El principal aporte consistió en formular indicadores a partir de la inspección del predio, del estudio estructural, de la revisión normativa y de la interpretación técnica de los daños observados.

Se estableció que el conocimiento histórico y material del edificio es necesario para interpretar su estado de conservación. La secuencia metodológica partió del reconocimiento directo del inmueble y no de indicadores previos. En este marco, MIVES se utilizó como referencia para organizar y estructurar los hallazgos del diagnóstico.

Los resultados permitieron construir una lectura técnica del templo. El análisis de las restauraciones mostró que las intervenciones previas modificaron su materialidad. La caracterización geométrica permitió comprender su configuración espacial. El estudio de los elementos estructurales identificó zonas sensibles, interfaces entre materiales y sectores que requieren atención constructiva y patológica.

En la documentación fotogramétrica, el levantamiento con UAV y el procesamiento digital permitieron obtener mapa de profundidad, nube de puntos, análisis de superposición y modelo texturizado. Estos productos constituyen una base para el registro del estado actual del templo y para la lectura geométrica de sus superficies y componentes.

La caracterización de daños registró patologías en fachadas, dinteles, espacios interiores y sacristía, y organizarlas según su localización, tipo y relación con el sistema constructivo. Sobre esa base se formularon los indicadores propuestos, que deben entenderse como resultado del estudio y no como instrumento previo de levantamiento.

Primero fue necesario reconocer los daños, su ubicación, y de esta forma estructurar una tabla de indicadores ajustada al inmueble. La distinción entre los indicadores E6 y NE6 es necesaria, E6 aborda la humedad en zonas estructuralmente sensibles, con posible repercusión en la durabilidad y el comportamiento estructural, mientras que NE6 se refiere a humedad superficial y biodeterioro inicial en muros y acabados.

En conjunto, la investigación permitió documentar el estado actual del templo, registrar sus manifestaciones patológicas y proponer una tabla de indicadores adaptada al caso, dejando para estudios futuros su aplicación integral y la operacionalización completa del modelo MIVES.

Como continuidad de esta investigación, se propone:

1. Aplicar la tabla de indicadores en campo, medir parámetros y validar umbrales de severidad para cada manifestación patológica.

2. Calibrar funciones de valor, asignar pesos con AHP y agregar indicadores para obtener índices globales comparables en MIVES.
3. Incorporar termografía, GPR y mediciones de humedad en sectores con daño para contrastar inspección visual y diagnóstico.
4. Realizar escaneo láser terrestre y fotogrametría interior para completar la nube de puntos y documentar interior y exterior.
5. Construir un modelo HBIM con patologías, historia material y datos de inspección para seguimiento y priorización de intervenciones.
6. A partir de la aplicación integral de estos procedimientos, formular en una etapa posterior un diagnóstico técnico más completo y, sobre base suficientemente validada, definir criterios y medidas de intervención compatibles con la autenticidad material y constructiva del bien.

REFERENCIAS

- ABC Color. ABC Revista. 2012. **En todo su esplendor...** Disponible en: <https://www.abc.com.py/edicion-impresas/suplementos/abc-revista/en-todo-su-esplendor-403117.html>. Acceso en 08-03-2025
- ADAMOPOULOS, E.; RINAUDO, F. Close-Range Sensing and Data Fusion for Built Heritage Inspection and Monitoring—A Review. **Remote Sensing**, v. 13, n. 19, p. 3936, 1 out. 2021. Disponible em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/13/19/3936>>.
- AKCAY, C.; ŞOLT, A.; KORKMAZ, N. M.; SAYIN, B. A proposal for the reconstruction of a historical masonry building constructed in Ottoman Era (Istanbul). **Journal of Building Engineering**, v. 32, n. May, p. 101493, nov. 2020. Disponible em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710220303478>>.
- ALVARADO, R.; BARRIENTOS, M.; SUAZO, A.; MENANNO, G.; PÉREZ-PINEDO, L.; PALAZZI, N. C.; SANDOVAL, C. Non-destructive testing and kinematic limit analysis applied to a historic masonry church early intervened with RC elements. **Engineering Failure Analysis**, v. 169, p. 109205, 1 mar. 2025. Disponible em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1350630724012512>>.
- ARCE, A.; RAMOS, L. F.; FERNANDES, F. M.; SÁNCHEZ-APARICIO, L. J.; LOURENÇO, P. B. Integrated structural safety analysis of San Francisco Master Gate in the Fortress of Almeida. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 12, n. 5, p. 761–778, 2018. Disponible em: <<https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1370507>>.
- ARTOPOULOS, G.; FOKAIDES, P.; LYSANDROU, V.; DELIGIORGI, M.; SABATAKOS, P.; AGAPIOU, A. Data-Driven Multi-Scale Study of Historic Urban Environments by Accessing Earth Observation and Non-Destructive Testing Information via an HBIM-Supported Platform. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 18, n. 6, p. 920–939, 2024.
- ASCENSÃO, G.; PEREIRA, J.; FONSECA, J.; COSTA, A.; FERREIRA, V. M.; PAIVA, H. Reviving heritage with contemporary solutions for adobe wall rehabilitation. **Construction and Building Materials**, v. 458, 10 jan. 2025.
- ASCIONE, F.; CERONI, F.; DE MASI, R. F.; DE' ROSSI, F.; PECCE, M. R. Historical buildings: Multidisciplinary approach to structural/energy diagnosis and performance assessment. **Applied Energy**, v. 185, p. 1517–1528, 1 jan. 2017. Disponible em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261915015391>>.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. **UNE-EN 16096:2016. Conservación del patrimonio cultural. Inspección del estado e informe del patrimonio cultural construido**. Madrid, 2016.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. **UNE-EN 13187:1998. Thermal performance of buildings — Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes — Infrared method (ISO 6781:1983 modified)**. Madrid, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15310:2009. Componentes cerâmicos — Telhas — Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747:2020. Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento.** Rio de Janeiro, 2020.

BALLETTI, C.; BELTRAME, C.; COSTA, E.; GUERRA, F.; VERNIER, P. 3D reconstruction of marble shipwreck cargoes based on underwater multi-image photogrammetry. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2016.

BANFI, F. HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. **Virtual Archaeology Review**, v. 11, n. 23, p. 16, 8 jul. 2020. Disponível em: <<https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/12416>>.

BOUZAS, Ó.; CABALEIRO, M.; CONDE, B.; CRUZ, Y.; RIVEIRO, B. Structural health control of historical steel structures using HBIM. **Automation in Construction**, v. 140, 1 ago. 2022.

BUI, T.-T.; BUI, Q.-B.; LIMAM, A.; MAXIMILIEN, S. Failure of rammed earth walls: from observations to quantifications. **Construction and Building Materials**, v. 51, p. 295–302, 2014.

CARVALHO, G. B. de. **PROPOSTA PARA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE MAPAS DE DANOS EM FACHADAS MODERNISTAS DE CONCRETO ARMADO APARENTE.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 126p. 2018.

CAVALAGLI, N.; KITA, A.; CASTALDO, V. L.; PISELLO, A. L.; UBERTINI, F. Hierarchical environmental risk mapping of material degradation in historic masonry buildings: An integrated approach considering climate change and structural damage. **Construction and Building Materials**, v. 215, p. 998–1014, 10 ago. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061819310943>>.

CHELARU, B.; ONUȚU, C.; UNGUREANU, G.; ȘERBĂNOIU, A. A. Integration of point cloud, historical records, and condition assessment data in HBIM. **Automation in Construction**, v. 161, n. August 2023, p. 105347, maio 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580524000839>>.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital.** Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007. 196 p.

COLACE, F.; D'ANIELLO, G.; DE SANTO, M.; GAETA, R.; ZUCHTRIEGEL, G. Situation-aware Cyber-Physical-Social System for Cultural Heritage. **Intelligent Systems with Applications**, v. 27, p. 200544, 2025.

CORNARO, C.; BOVESECCHI, G.; CALCERANO, F.; MARTINELLI, L.;

GIGLIARELLI, E. An HBIM Integrated Approach Using Non-Destructive Techniques (NDT) to Support Energy and Environmental Improvement of Built Heritage: The Case Study of Palazzo Maffei Borghese in Rome. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 14, 1 jul. 2023.

CRUZ, H.; YEOMANS, D.; TSAKANIKI, E.; MACCHIONI, N.; JORISSEN, A.; TOUZA, M.; MANNUCCI, M.; LOURENÇO, P. B. Guidelines for On-Site Assessment of Historic Timber Structures. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 9, n. 3, p. 277–289, 3 abr. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/15583058.2013.774070>>.

D'ALTRI, A. M.; PEREIRA, M.; DE MIRANDA, S.; GLISIC, B. Simulation-driven machine learning for real-time damage prognosis in masonry structures. **International Journal of Mechanical Sciences**, v. 289, p. 110055, 2025.

DELGADO, C. L. A. **Yaguarón Cuna de la herencia Artística de los Franciscanos**. Tesis de grado. Asunción, 1998.

DEGL'INNOCENTI, M.; NOCETTI, M.; CERISANO KOVAČEVIĆ, V.; AMINTI, G.; BETTI, M.; LAURIOLA, M. P.; BRUNETTI, M. Evaluation of the mechanical contribution of wood degraded by insects in old timber beams through analytical calculations and experimental tests. **Construction and Building Materials**, v. 339, p. 127653, 2022.

DIEZ GÁLVEZ, M. J. Historia material de la Iglesia de San Buenaventura de Yaguarón. **Revista Paraguaya de la Historia**, v. 5, p. 9–50, 2022.

DIZ-MELLADO, E.; MASCORT-ALBEA, E. J.; ROMERO-HERNÁNDEZ, R.; GALÁN-MARÍN, C.; RIVERA-GÓMEZ, C.; RUIZ-JARAMILLO, J.; JARAMILLO-MORILLA, A. Non-destructive testing and Finite Element Method integrated procedure for heritage diagnosis: The Seville Cathedral case study. **Journal of Building Engineering**, v. 37, n. January, 2021.

El Nacional. 2020. **“Si no sabes, no toques”**: como restaurar la iglesia de Yaguarón. Disponible en: <https://elnacional.com.py/cultura/2020/10/25/si-no-sabes-no-toques-como-restaurar-la-iglesia-de-Yaguarón/>. Acceso en 08-03-2025

El Nacional. 2023. **Templo de la Santísima Trinidad: El retablo de San Carlos Borromeo recupera su esplendor**. Disponible en: <https://elnacional.com.py/agenda-cultural/2023/07/13/templo-de-la-santisima-trinidad-el-retablo-de-san-carlos-borromeo-recupera-su-esplendor/>. Acceso en 08-03-2025

EMBACHER, J.; ZEILINGER, S.; KIRCHMAIR, M.; RODRIGUEZ-R., L. M.; NEUHAUSER, S. Wood decay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment – A systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber. **Fungal Biology Reviews**, v. 45, p. 100305, 2023.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE. **UNI 11119:2004. Cultural heritage — Wooden artefacts — Load-bearing structures — On-site inspections**

for the diagnosis of timber members. Milano, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1304:2013. Clay roofing tiles and fittings — Product definitions and specifications.** Brussels, 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 13183-1:2002. Moisture content of a piece of sawn timber — Part 1: Determination by oven dry method.** Brussels, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 13183-2:2002. Moisture content of a piece of sawn timber — Part 2: Estimation by electrical resistance method.** Brussels, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 13914-1:2016. Design, preparation and application of external rendering and internal plastering — Part 1: External rendering.** Brussels, 2016.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 15886:2010. Conservation of cultural property — Test methods — Colour measurement of surfaces.** Brussels, 2010.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 16302:2013. Conservation of cultural heritage — Test methods — Measurement of water absorption by pipe method.** Brussels, 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 16322:2013. Conservation of cultural heritage — Test methods — Determination of drying properties.** Brussels, 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 17121:2019. Conservation of cultural heritage — Historic timber structures — Guidelines for the on-site assessment of load-bearing timber structures.** Brussels, 2019.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 539-1:2005. Clay roofing tiles for discontinuous laying — Determination of physical characteristics — Part 1: Impermeability test.** Brussels, 2005.

FEIO, A.; MACHADO, J. S. In-situ assessment of timber structural members: Combining information from visual strength grading and NDT/SDT methods – A review. **Construction and Building Materials**, v. 101, p. 1157–1165, 2015.

FONTENELE, A.; CAMPOS, V.; MATOS, A. M.; MESQUITA, E. A vulnerability index formulation for historic facades assessment. **Journal of Building Engineering**, v. 64, n. October 2022, p. 105552, abr. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105552>>.

FRANZONI, E.; BERK, B.; BASSI, M.; MARRONE, C. An integrated approach to the monitoring of rising damp in historic brick masonry. **Construction and Building Materials**, v. 370, p. 130631, 2023.

FREITAS, S. S. de; FREITAS, V. P. de; BARREIRA, E. Detection of façade plaster detachments using infrared thermography – A nondestructive technique.

Construction and Building Materials, v. 70, p. 80–87, 2014.

GALANTUCCI, R. A.; FATIGUSO, F. Advanced damage detection techniques in historical buildings using digital photogrammetry and 3D surface analysis. **Journal of Cultural Heritage**, v. 36, p. 51–62, 2019.

GAO, L.; YU, H.; HUANG, H.; DUAN, P.; MA, K. Study on seismic performance of post-and-lintel timber structure. **Structures**, v. 82, p. 110628, 2025.

GASPAR, P. L.; DE BRITO, J. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators. **Building and Environment**, v. 43, p. 1818–1828, 2008.

GARCIA-GAGO, J.; SÁNCHEZ-APARICIO, L. J.; SOILÁN, M.; GONZÁLEZ-AGUILERA, D. HBIM for supporting the diagnosis of historical buildings: case study of the Master Gate of San Francisco in Portugal. **Automation in Construction**, v. 141, n. April, p. 104453, set. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580522003260>>.

GIURIA, J. **La arquitectura en el Paraguay**. Universidad de Buenos Aires, Instituto de Arte Americano e Investigaciones. Buenos Aires, 1960.

GODINHO, M.; MACHETE, R.; PONTE, M.; FALCÃO, A. P.; GONÇALVES, A. B.; BENTO, R. BIM as a resource in heritage management: An application for the National Palace of Sintra, Portugal. **Journal of Cultural Heritage**, v. 43, p. 153–162, 1 maio 2020.

GOULÃO, M. J. A encomenda a entalhadores portugueses nas missões franciscanas do Paraguai no século XVIII. **A Encomenda. O Artista. A Obra**. Em: CEPESE - CENTRO DE ESTUDOS DA POPULAÇÃO, E. E S. CEPESE. p. 435-455, 2010.

GROETERLAARS, N. J. **CRIAÇÃO DE MODELOS BIM A PARTIR DE “NUVENS DE PONTOS”**: ESTUDO DE MÉTODOS E TÉCNICAS PARA DOCUMENTAÇÃO ARQUITETÔNICA. 2015. Universidade Federal da Bahia, 2015.

GRØNTOFT, T. Modelling of the deterioration and conservation costs of polychrome painted wood in two Norwegian medieval stone churches. **Journal of Cultural Heritage**, v. 63, p. 148–157, 2023.

KARIMI, N.; MISHRA, M.; LOURENÇO, P. B. Deep learning-based automated tile defect detection system for Portuguese cultural heritage buildings. **Journal of Cultural Heritage**, v. 68, p. 86–98, 1 jul. 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1296207424001067>>.

KORSWAGEN, P. A.; LONGO, M.; ROTS, J. G. Fragility curves for light damage of clay masonry walls subjected to seismic vibrations. **Bulletin of Earthquake Engineering**, v. 20, n. 11, p. 6193–6227, 2022.

KUBICA, J.; BROL, J.; KOTALA, B.; WEGLORZ, M. Influence of damage to a timber truss roof structure on the stress distribution in a 17th century brick masonry vault. **Engineering Failure Analysis**, v. 178, p. 109740, 2025.

LA NACIÓN. 2025. **Valenzuela: un circuito por hechos olvidados de nuestra historia**. Disponible en: <https://cdn-www.lanacionpy.arcpublishing.com/gran-diario-domingo/2025/01/19/valenzuela-un-circuito-por-hechos-olvidados-de-nuestra-historia/>. Acceso en 08-03-2025

LI, F.; ACHILLE, C.; VASSENA, G. P. M.; FASSI, F. The Application of Three Dimensional Digital Technologies in Historic Gardens and Related Cultural Heritage: A Scoping Review. **Heritage**, v. 8, n. 2, p. 46, 25 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2571-9408/8/2/46>>.

LI, A.; LIU, H.; WU, Y.; DENG, Y. Combination of LiDAR detection and green integral method for calculating irregular cross-section geometric properties of deteriorated components in timber historic buildings. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**, v. 35, p. e00384, 2024.

LI, Y.; OUYANG, W.; XIN, Z.; ZHANG, H.; SUN, S.; ZHANG, D.; ZHANG, W. Machine learning for defect condition rating of wall wooden columns in ancient buildings. **Case Studies in Construction Materials**, v. 22, p. e04458, 2025.

LIANG, W.; AHMAD, Y.; MOHIDIN, H. H. B. The development of the concept of architectural heritage conservation and its inspiration. **Built Heritage. Springer Science and Business Media B.V.**, 1 dez. 2023.

LOMBARDO, L.; SAELI, M.; CAMPISI, T. Smart technological tools for rising damp on monumental buildings for cultural heritage conservation. A proposal for smart villages implementation in the Madonie mountains (Sicily). **Sustainable Futures**, v. 6, p. 100116, 1 dez. 2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666188823000126>>.

LÓPEZ, G.; VALLELADO-CORDOBÉS, P.; GÓMEZ-ROYUELA, J. L.; BASTERRA, L.-A. Diagnosis and assessment of a historic timber structure in La Casa del Corregidor, using non-destructive techniques. **Case Studies in Construction Materials**, v. 19, p. e02311, 2023.

LUBELLI, B.; VAN HEES, R. P. J.; BOLHUIS, J. Effectiveness of methods against rising damp in buildings: Results from the EMERISDA project. **Journal of Cultural Heritage**, v. 31, supl., p. S15–S22, 2018.

LUO, S.; WANG, H. Digital Twin Research on Masonry–Timber Architectural Heritage Pathology Cracks Using 3D Laser Scanning and Deep Learning Model. **Buildings**, v. 14, n. 4, 1 abr. 2024.

MACHADO, M. J. G. **La Puerta Falsa de América. A Influência Artística Portuguesa na Região do Rio da Prata no Período Colonial**. 2005. Universidade de Coimbra, Coimbra, 2005.

- MARTÍNEZ, I.; MARTÍNEZ, E. Qualitative timber structure assessment with passive IR thermography. Case study of sources of common errors. **Case Studies in Construction Materials**, v. 16, n. July 2021, p. e00789, jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00789>>.
- MESQUITA, E. F. T. **Engenharia do patrimônio**. Curitiba: Íthala, 184 p. 2019
- MESQUITA, E.; PAUPÉRIO, E.; ARÊDE, A.; VARUM, H. **Caracterização, avaliação e recuperação estrutural de construções históricas**. Boletim técnico 11 - ALCONPAT, n. January, p. 20, 2016.
- MIRAN, F. D.; HUSEIN, H. A. Evaluating Deterioration Causes and Defect Patterns in Heritage Buildings: A Comprehensive Analytical Approach. **International Journal of Architectural Heritage**, p. 1–20, 17 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583058.2024.2367690>>.
- MOHAMED, B.; MARZOUK, M. Bibliometric analysis and visualisation of heritage buildings preservation. **Heritage Science**, v. 11, n. 1, p. 101, 24 maio 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40494-023-00947-y>>.
- MOL, A.; CABALEIRO, M.; SOUSA, H. S.; BRANCO, J. M. HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures. **Automation in Construction**, v. 117, n. April, p. 103262, set. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103262>>.
- MOTTE, J. E. 1952. **Yaguarón, Dpto. de Paraguari**. Disponible en: <https://imagoteca.com.py/iglesia-de-yaguarón-y-su-puerta-labrada/>. Acceso en 12-03-2025
- MUNICIPALIDAD DE YAGUARÓN. **Historia de Yaguarón**. Disponível em: <<https://www.yaguaron.gov.py/historia-de-yaguaron/>>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- NADKARNI, R. R.; PUTHUVAYI, B. A comprehensive literature review of Multi-Criteria Decision Making methods in heritage buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 32, n. August, p. 101814, nov. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101814>>.
- NGUYEN, T.-D.; BUI, T.-T.; LIMAM, A.; TOPA, A. Effect of openings on the behaviour of rammed earth structures under quasi-static loading. **Engineering Structures**, v. 281, p. 115759, 2023.
- NOWOGOŃSKA, B.; DROBIEC, J. Prevention of failure of heritage buildings through diagnostic testing using the example of testing of roof structure elements from the 15th century. **Engineering Failure Analysis**, v. 178, p. 109709, 2025.
- NÚÑEZ, C. A. C.; FLORES, N. V.; SANTOS, A. C. P. dos. Integración de técnicas no destructivas (NDT) y modelado de información de edificios patrimoniales (HBIM) en la conservación del patrimonio histórico: una revisión sistemática. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 13, p. e14023, 27 dez. 2024. Disponível em:

<<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/14023>>.

ÖZMEN, A.; SAYIN, E. Evaluation of material properties of cultural heritage building by destructive and non-destructive testing: Malatya Taşhoran Church case study. **Construction and Building Materials**, v. 392, n. March, p. 131693, ago. 2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095006182301406X>>.

PALANTI, S.; MACCHIONI, N.; PAOLI, R.; FECI, E.; SCARPINO, F. A case study: The evaluation of biological decay of a historical hayloft in Rendena Valley, Trento, Italy. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 86, p. 179–187, 2014.

PARAGUAY. **LEY No. 2206**. Asunción, Paraguay. 2003.

PARAGUAY. **Ley N° 5621**. De Protección al Patrimonio Cultural. 2016.

PATRUCCO, G.; GÓMEZ, A.; ADINEH, A.; RAHRIG, M.; LERMA, J. L. 3D Data Fusion for Historical Analyses of Heritage Buildings Using Thermal Images: The Palacio de Colomina as a Case Study. **Remote Sensing**, v. 14, n. 22, 1 nov. 2022.

PINHEIRO, A. C.; OLIVEIRA, B. P.; VERÍSSIMO, C.; BRANDÃO, J. C.; ROSADO, L.; JURADO, V.; MACEDO, M. F. Identification of a fungal community on gilded wood carved heritage. **Journal of Cultural Heritage**, v. 14, p. 76–81, 2013.

PINHEIRO, V. R. F.; FONTENELE, R.; MAGALHÃES, A.; FROTA, N.; MESQUITA, E. Evaluation of the influence of climatic changes on the degradation of the historic buildings. **Energy and Buildings**, v. 323, 15 nov. 2024.

PLA, J. **El barroco hispano-guarani**. Asunción: Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”. Editora Intercontinental. 1975.

PONCE-ANTÓN, G.; CULTRONE, G.; ZULUAGA, M. C.; ORTEGA, L. Á.; GÓMEZ-VAL, R. Investigation on 19th century fired bricks and lime plaster for the conservation of historical building materials: A case study of the Church of Sant Rafael (Barcelona, Spain). **Case Studies in Construction Materials**, v. 21, p. e03870, 1 dez. 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214509524010210>>.

QUATTRINI, R.; BALEANI, E. Theoretical background and historical analysis for 3D reconstruction model. Villa Thiene at Cicogna. **Journal of Cultural Heritage**, v. 16, n. 1, p. 119–125, 1 jan. 2015.

QUATTRINI, R.; PIERDICCA, R.; MORBIDONI, C. Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high-quality models using the semantic-web. **Journal of Cultural Heritage**, v. 28, p. 129–139, 1 nov. 2017.

RASZCZUK, K.; KAROLAK, A. Correlation between the cracking pattern of historical structure and soil properties: the case of the church in Koźuchów. **Heritage Science**, v. 9, n. 1, p. 43, 13 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s40494-021-00516-1>>.

RESENDE, M. M.; GAMBARE, E. B.; SILVA, L. A.; CORDEIRO, Y. de S.; ALMEIDA, E.; SALVADOR, R. P. Infrared thermal imaging to inspect pathologies on façades of historical buildings: A case study on the Municipal Market of São Paulo, Brazil. **Case Studies in Construction Materials**, v. 16, n. April, 2022.

REZAIE, A.; GODIO, M.; BEYER, K. Investigating the cracking of plastered stone masonry walls under shear-compression loading. **Construction and Building Materials**, v. 306, p. 124831, 2021.

REZAIE, A.; GODIO, M.; ACHANTA, R.; BEYER, K. Machine-learning for damage assessment of rubble stone masonry piers based on crack patterns. **Automation in Construction**, v. 140, p. 104313, 2022.

RIZOU, M. E.; MARCELLI, R.; CAPOCCIA, G.; PROIETTI, E. Non-destructive microwave techniques for the quantification and elimination of moisture in cultural heritage monuments. **Journal of Cultural Heritage**, v. 67, p. 270–276, 2024.

ROCHA, J.; TOMÉ, A. Multidisciplinarity and accessibility in heritage representation in HBIM Casa de Santa Maria (Cascais) — A case study. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**, v. 23, n. August 2020, p. e00203, dez. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212054821000321>>.

RODRIGUES, B. N.; FAVORETI, A. L. F.; BORGES, K.; GOMES, P. H.; DIONIZIO, R. F.; MENZORI, M.; JR MOLINA, V. E.; DEZEN-KEMPTER, E. Digital survey applied to the assessment of pathological manifestations in the architectural heritage of monte alegre in Piracicaba/SP. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 8, n. 1, p. 60, 1 jun. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s41024-023-00306-1>>.

RUBENS, T.; RIBEIRO, G.; PAULO, R.; BESSA, M.; MOREIRA, E.; VIEIRA, M.; MESQUITA, E. Digitalization based on high-resolution scanning and HBIM tools for damage assessment of the José de Alencar house. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 8, n. 1, p. 30, 30 jun. 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s41024-023-00275-5>>.

RUIZ VALERO, L.; FLORES SASSO, V.; PRIETO VICIOSO, E. In situ assessment of superficial moisture condition in façades of historic building using non-destructive techniques. **Case Studies in Construction Materials**, v. 10, p. e00228, jun. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214509518303024>>.

RUSSO, M.; CARNEVALI, L.; RUSSO, V.; SAVASTANO, D.; TADDIA, Y. Modeling and deterioration mapping of façades in historical urban context by close-range ultra-lightweight UAVs photogrammetry. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 13, n. 4, p. 549–568, 19 maio 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583058.2018.1440030>>.

SALVALAGGIO, M.; BERNARDO, V.; LOURENÇO, P. B. Exploring seismic fragility and strengthening of masonry built heritage in Lisbon (Portugal) via the Applied Element Method. **Engineering Structures**, v. 320, p. 118890, 2024.

SÁNCHEZ-APARICIO, L. J.; BLANCO-GARCÍA, F. L. del; MENCÍAS-CARRIZOSA, D.; VILLANUEVA-LLAURADÓ, P.; AIRA-ZUNZUNEGUI, J. R.; SANZ-ARAUZ, D.;

PIERDICCA, R.; PINILLA-MELO, J.; GARCIA-GAGO, J. Detection of damage in heritage constructions based on 3D point clouds. A systematic review. **Journal of Building Engineering**. Elsevier Ltd, 15 out. 2023.

SÁNCHEZ DE ROJAS, M. I.; MARÍN, F. P.; FRÍAS, M.; VALENZUELA, E.; RODRÍGUEZ, O. Influence of freezing test methods, composition and microstructure on frost durability assessment of clay roofing tiles. **Construction and Building Materials**, v. 25, p. 2888–2897, 2011.

SNC. Secretaria Nacional de Cultura. 2020. **Técnicos de la SNC realizaron verificación del Templo Virgen de la Candelaria**. Disponible en: <https://cultura.gov.py/2020/11/tecnicos-de-la-snc-realizaron-verificacion-del-templo-virgen-de-la-candelaria/>. Acceso en 08-03-2025

SOLLA, M.; GONÇALVES, L. M. S.; GONÇALVES, G.; FRANCISCO, C.; PUENTE, I.; PROVIDÊNCIA, P.; GASPAR, F.; RODRIGUES, H. A building information modeling approach to integrate geomatic data for the documentation and preservation of cultural heritage. **Remote Sensing**, v. 12, n. 24, p. 1–24, 2 dez. 2020.

SOLLA, M.; MATÉ-GONZÁLEZ, M. Á.; BLÁZQUEZ, C. S.; LAGÜELA-LÓPEZ, S.; NIETO, I. M. Analysis of structural integrity through the combination of non-destructive testing techniques in heritage inspections: The study case of San Segundo's hermitage (Ávila, Spain). **Journal of Building Engineering**, v. 89, n. April, p. 109295, jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109295>.

SUBASHI DE SILVA, G. H. M. J.; MALLWATTHA, M. P. D. P. Strength, durability, thermal and run-off properties of fired clay roof tiles incorporated with ceramic sludge. **Construction and Building Materials**, v. 179, p. 390–399, 2018.

TAHER TOLOU DEL, M. S.; SALEH SEDGHPOUR, B.; KAMALI TABRIZI, S. The semantic conservation of architectural heritage: the missing values. *Heritage Science*, v. 8, n. 1, p. 70, 14 dez. 2020. Disponível em: <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-020-00416-w>.

TEJEDOR, B.; LUCCHI, E.; BIENVENIDO-HUERTAS, D.; NARDI, I. Non-destructive techniques (NDT) for the diagnosis of heritage buildings: Traditional procedures and futures perspectives. **Energy and Buildings**, v. 263, p. 112029, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112029>.

THOMPSON, D.; AUGARDE, C.; OSORIO, J. P. A review of current construction guidelines to inform the design of rammed earth houses in seismically active zones. **Journal of Building Engineering**, v. 54, p. 104666, 2022.

TORRES, I. New technique for treating rising damp in historical buildings: Wall base ventilation. **Journal of Cultural Heritage**, v. 31, p. S60–S70, 1 jun. 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1296207418303066>.

TSILIMANTOU, E.; DELEGOU, E. T.; NIKITAKOS, I. A.; IOANNIDIS, C.;

MOROPOULOU, A. GIS and BIM as Integrated Digital Environments for Modeling and Monitoring of Historic Buildings. **Applied Sciences**, v. 10, n. 3, p. 1078, 6 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/3/1078>>.

VERDUM, G.; BERSCH, J. D.; GUERRA, F. L.; SOCOLOSKI, R. F.; GIORDANI, C.; ZUCCHETTI, L.; MASUERO, A. B. Mortar coating degradation in historical buildings facades from Rio Grande do Sul – Brazil. **Construction and Building Materials**, v. 310, n. September, p. 125221, dez. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061821029640>>.

WANG, F.; HUANG, J.; FU, Y. Convolutional neural network-based multimodal image information fusion for moisture damage assessment of cultural heritage buildings. Measurement: **Journal of the International Measurement Confederation**, v. 242, 1 jan. 2025.

WANG, N.; ZHAO, X.; ZHAO, P.; ZHANG, Y.; ZOU, Z.; OU, J. Automatic damage detection of historic masonry buildings based on mobile deep learning. **Automation in Construction**, v. 103, p. 53–66, 2019.

XIAO, W.; MILLS, J.; GUIDI, G.; RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P.; GONIZZI BARSANTI, S.; GONZÁLEZ-AGUILERA, D. Geoinformatics for the conservation and promotion of cultural heritage in support of the UN Sustainable Development Goals. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 142, p. 389–406, ago. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.01.001>>.

XU, P.; GUAN, C.; ZHANG, H.; LI, G.; ZHAO, D.; ROSS, R. J.; SHEN, Y. Application of Nondestructive Testing Technologies in Preserving Historic Trees and Ancient Timber Structures in China. **Forests**, v. 12, p. 318, 2021.

YU, Y.; ZHANG, J.; CHEN, R.; COLEINE, C.; LIU, W.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; FENG, Y. Unearthing the global patterns of cultural heritage microbiome for conservation. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 190, p. 105784, 1 maio 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964830524000556>>.

ZACHOS, A.; ANAGNOSTOPOULOS, C.-N. Using TLS, UAV, and MR Methodologies for 3D Modelling and Historical Recreation of Religious Heritage Monuments. **Journal on Computing and Cultural Heritage**, v. 17, n. 4, p. 1–23, 31 dez. 2024. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3679021>>.

ZHAO, J.; ZHONG, H.; ZHU, Z.; ZHANG, D.; PEI, Q.; LIU, H. An active infrared system for identifying the flaking disease in Qingyang North Grotto Temple. **Journal of Cultural Heritage**, v. 66, p. 392–397, 2024.

ZYBAŁA, T.; ZIELIŃSKA, M.; RUCKA, M.; PRZEWŁÓCKI, J.; GRĘBOWSKI, K. Typology, current state and non-destructive testing of timber roof trusses of historic churches in the West Vistula Delta, Poland. **Heritage Science**, v. 12, p. 156, 2024.

APENDICES

APENDICE A – CUESTIONARIO DE PROYECTO

Proyecto de Plan de restauración del Templo de San Buenaventura
Programa de Posgrado en Ingeniería Civil de la
Universidade Federal da Integração Latino-Americana



CUESTIONARIO DE PROYECTO

Instrucciones generales: Conteste las siguientes preguntas de forma personal o de forma escrita según corresponda. Este cuestionario se ha estructurado en diversos enfoques como son: histórico, constructivo, intervenciones-restauraciones, patologías y marco normativo.

Enfoque histórico

1. Documentos históricos y fundación de Yaguarón

- a) ¿Sabe o conoce la existencia de documentos históricos, crónicas o registros que relaten de la fundación del pueblo de Yaguarón y la construcción del templo de San Buenaventura? ¿y que se puede encontrar en estos documentos?
- b) ¿Dónde se encuentran actualmente estos documentos (archivos parroquiales, municipales, bibliotecas, museos locales, archivos nacionales)?
- c) ¿Podría relatar de forma breve sobre la fundación del pueblo de Yaguarón y cuál es la relación con su templo?

2. Antecedentes del templo San Buenaventura

- a) ¿Nos podría contar un poco sobre la historia de la construcción del *Templo San Buenaventura* y sus precedentes en Yaguarón? ¿Si existían iglesias o capillas antes del templo actual y como fueron construidas?

Enfoque constructivo

3. Estructuras religiosas anteriores

- a) ¿La actual iglesia del templo de Yaguaron está fundada sobre los mismos cimientos de la antigua iglesia? ¿Existen evidencias físicas o documentos que orienten la pregunta anterior?
- b) ¿Sabe si los materiales antiguos fueron utilizados como materiales para la construcción o restauración del templo actual?

4. Materiales y técnicas constructivas tradicionales

- a) ¿Sabe si los materiales disponibles de la época tuvieron influencia en el diseño y construcción del templo?
- b) ¿Conoce o podría describir cuáles fueron los procesos, técnicas constructivas (tradicionales) y materiales que se emplearon en la construcción de la iglesia actual? (*Considerando entramado de madera, mampostería, cimientos de piedra, tipos de madera, piedra, arcilla*).
- c) ¿Sabe si se empleó mano de obra indígena guaraní y cómo se integraron las prácticas indígenas con las europeas?
- d) ¿Existen elementos constructivos únicos o particulares en el templo que lo distingan de otras edificaciones de la época?
- e) ¿Cuáles son las características específicas del sistema constructivo del templo, incluyendo el diseño de elementos de madera como vigas, columnas, pilares, tirantes y techos, y los sistemas de conexión utilizados entre los elementos de madera (ensamblajes, clavijas, uniones especiales)?

Enfoque de intervenciones y restauración

- a) ¿Sabe o conoce cuántas intervenciones y restauraciones ha tenido el Templo San Buenaventura a lo largo de su historia?
- b) ¿Sabe en qué años se han realizado estas restauraciones y cuáles fueron las razones para realizar estas intervenciones? ¿Bajo su criterio, se ha respetado el diseño y estilo arquitectónico original en las modificaciones?
- c) ¿Qué aspectos arquitectónicos, estructurales y pictóricos han sido restaurados o modificados, y qué partes del templo han sido modificadas, reemplazadas o incrementadas durante las restauraciones? ¿Cómo han afectado estas modificaciones a la integridad histórica y estructural del edificio?
- d) ¿Tiene conocimiento si las intervenciones realizadas en el templo han sido documentadas, así como las técnicas y materiales utilizados?

- e) ¿Dónde se pueden acceder a estos informes o documentos? ¿Existen informes, documentos o registros fotográficos de estas restauraciones que puedan consultarse?

5. *Eventos naturales y su impacto*

- a) ¿Qué eventos naturales han afectado al Templo de San Buenaventura a lo largo del tiempo? ¿Qué ciclones, tormentas, inundaciones o movimientos de tierra han impactado su estructura?
- b) ¿Cómo han afectado estos eventos al estado y conservación del templo? ¿Qué medidas se tomaron para reparar o proteger el templo después de estos eventos?

6. *Planos originales y documentación gráfica*

- a) ¿Existen planos originales o documentación gráfica del *Templo San Buenaventura* que proporcionen detalles sobre la estructura original, el sistema constructivo y los materiales utilizados? ¿Dónde se encuentran estos documentos?
- b) ¿Se han realizado levantamientos arquitectónicos recientes que actualicen esta información?
- c) ¿Podría relatar de forma breve cómo ha cambiado la apariencia del templo a lo largo del tiempo?

Enfoque del estado actual y manifestaciones patológicas

7. *Diagnóstico del estado actual del templo*

- a) ¿Se han identificado problemas específicos en los elementos de madera, como grietas, deformaciones o ataques biológicos? ¿Qué áreas del templo están más afectadas?
- a) ¿Tiene conocimientos sobre la existencia de un plan de mantenimiento y conservación a largo plazo para el templo?
- b) ¿La comunidad local posee conocimiento sobre las técnicas constructivas y materiales utilizados en el templo?

- c) ¿Existen artesanos o personas mayores que hayan transmitido historias o prácticas relacionadas con la construcción del templo?
- d) ¿El templo es un atractivo turístico importante y cómo contribuye al desarrollo local? ¿La comunidad participa en iniciativas para la promoción y conservación del templo?

8. Normatividad y protección legal

- a) ¿Está el templo registrado como monumento nacional o internacional?
- b) ¿Se han realizado estudios o evaluaciones técnicas recientes sobre el templo? En caso afirmativo, ¿qué metodologías se utilizaron, ¿cuáles fueron las conclusiones y existen colaboraciones con instituciones académicas o especialistas en conservación? ¿Dónde se puede acceder a la información recopilada en estos estudios?

Conocedores de su gran conocimiento y experiencia en la temática del templo de San Buenaventura, la investigadora Cecilia Arasy Cantero Núñez y el equipo de investigación de la Universidad Federal de la Integración Latinoamericana le agradecen la participación y apoyo al contestar las preguntas.