



Universidad  
Indoamérica

CARRERA DE ARQUITECTURA

# LA FOTOGRAMETRÍA

en el levantamiento del patrimonio edificado:  
caso de estudio ciudad de Latacunga.

LUIS FERNANDO SALINAS NIACATO









Proyecto de Investigación

Autor

Luis Fernando Salinas Niacato .  
fernandosalinas2354@gmail.com

Equipo de Soporte:

Docente Tutor

Luis Deliberto LLacas Vicuña  
luisllacas@indoamerica.edu.ec

Docente Unidad de Integración Curricular

Erika Elizabeth Carvajal Ballesteros  
ecarvajal@indoamerica.edu.ec

Docente apoyo diagramación

Patricia Alexandra Jara Garzón  
patriciajara@indoamerica.edu.ec

Agradecimiento:

Agradecemos la apertura de las siguientes:

Arq. Omar Andres Delgado Pinos

Arq. Carlos David Campoverde Sánchez

Arq. María Augusta Rojas Molina

Fecha de Publicación:

Agosto 2024



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA

TEMA

**La fotogrametría en el levantamiento del patrimonio edificado.  
Caso de estudio: ciudad de Latacunga.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

**Autor:**

Luis Fernando Salinas Niacato

**Tutor:**

Luis Deliberto Llacas Vicuña

AMBATO - ECUADOR

2024

# AUTORIZACIÓN

## del autor

Yo Luis Fernando Salinas Niacato , declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre, "LA FOTOGAMETRÍA EN EL LEVANTAMIENTO DEL PATRIMONIO EDIFICADO. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE LATACUNGA. " como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo. Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 07 días del mes de Agosto del 2024, firmo conforme:

Luis Fernando Salinas Niacato

1805447628



# DECLARACIÓN

de autenticidad

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de integración curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 07 de Agosto de 2024

Luis Fernando Salinas Niacato

1805447628

# APROBACIÓN

del tutor

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “LA FOTOGRAMETRÍA EN EL LEVANTAMIENTO DEL PATRIMONIO EDIFICADO CASO DE ESTUDIO: CASA TIPO HACIENDA LATACUNGA” presentado por Luis Fernando Salinas Niacato, para optar por el Título de Arquitecto.

## CERTIFICO

Que dicho trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 07 de Agosto de 2024.

Luis Deliberto Llacas Vicuña

1759960840

# CERTIFICACIÓN

## de lectura

El trabajo de Integración Curricular con el Tema: "LA FOTOGRAMETRÍA EN EL LEVANTAMIENTO DEL PATRIMONIO EDIFICADO. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE LATACUNGA.", se ha recibido y leído, lo cual certifica para dar continuidad al proceso de integración curricular.

Ambato, 19 de Agosto de 2024

Jacinto Javier Cardet Garcia

1756775431

Sandra Hipatia Nuñez Torrez

1803110137

DEDICATORIA

A mis queridos padres, cuyo amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación. Sin su guía y confianza en mí, este logro no hubiera sido posible.

A mis hermanos, por ser mis primeros compañeros de vida y mis mejores amigos. Su constante ánimo y compañía han sido una fuente de motivación y alegría. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi crecimiento personal y académico de maneras invaluable.

A mi novia por su comprensión y ayuda a cada momento de este proceso.

Este logro es tanto suyo como mío, y se los dedico con todo mi cariño y gratitud.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis profesores y tutores de carrera. Su dedicación, conocimiento y pasión por la enseñanza me han inspirado profundamente y han enriquecido mi formación de maneras que nunca hubiera imaginado. Cada clase, cada consejo y cada momento compartido han dejado una huella indeleble en mi desarrollo profesional y personal.

Un agradecimiento especial a Erika Carvajal y María Augusta Rojas, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo constante. Sus comentarios y sugerencias fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo. Agradezco su confianza en mí y su compromiso para ayudarme a superar cada obstáculo en este proceso.

Finalmente, a todos aquellos que de manera directa o indirecta, han sido parte de este camino. A mi novia por apoyo incondicional; y a todas las personas que creyeron en mí y me brindaron su aliento en los momentos de duda.

# RESUMEN

## ejecutivo

El estudio utilizó una metodología cualitativa, enfocándose en la aplicación de la fotogrametría en el levantamiento del patrimonio edificado, en la Hacienda Tilipulo. Los objetivos fueron identificar la mejor metodología de fotogrametría, analizar su aplicación en casos de estudio relevantes e implementar estos criterios en el levantamiento de la Hacienda Tilipulo. A través de entrevistas con especialistas en fotogrametría, se identificaron las mejores prácticas, destacando la importancia de una planificación meticulosa, la selección adecuada de equipos y el aprovechamiento de condiciones climáticas óptimas para capturar imágenes precisas. Esto permitió desarrollar una guía técnica detallada para aplicar la fotogrametría de manera efectiva. Además, se revisaron otros casos donde la fotogrametría se utilizó para documentar el patrimonio, confirmando su papel en la captura de datos precisos, fundamentales para la conservación y restauración, estos subrayaron la eficacia de la fotogrametría en el análisis e intervención en bienes patrimoniales. La implementación en la Hacienda Tilipulo incluyó vuelos fotogramétricos desde múltiples ángulos bajo condiciones ideales, generando modelos 3D detallados que proporcionaron una documentación completa del sitio. La fotogrametría, ha demostrado ser una herramienta invaluable para el levantamiento del patrimonio y conservación arquitectónica, permitiendo preservar con precisión y detalle el valor histórico de las edificaciones patrimoniales.

**DESCRIPTORES:** Documentación, Fotogrametría, Levantamiento patrimonial, Modelos 3D



# ABSTRACT

The study employed a qualitative methodology, focusing on applying photogrammetry to document built heritage at "Hacienda Tilipulo". The objectives were to identify the best photogrammetry methodology, analyze its application in relevant case studies, and implement these criteria in the documentation of Hacienda Tilipulo. Through interviews with photogrammetry specialists, best practices were identified, emphasizing the importance of meticulous planning, appropriate equipment selection, and taking advantage of optimal weather conditions to capture precise images. It allowed the development of a detailed technical guide to effectively photogrammetry applications. Additionally, photogrammetry cases were reviewed to document heritage, confirming its role in capturing accurate data essential for conservation and restoration and highlighting the impact of photogrammetry in analyzing and intervening in heritage assets. The implementation at "Hacienda Tilipulo" included photogrammetric flights from multiple angles under ideal conditions, generating detailed 3D models that provided comprehensive site documentation. Photogrammetry has proven to be an invaluable tool for heritage documentation and architectural conservation, enabling the precise and detailed preservation of the historical value of heritage buildings.

**KEYWORDS:** Documentation, heritage survey, photogrammetry, 3D Models

# ÍNDICE

## de contenidos

Contenido	
Contextualización: .....	24
Macro .....	24
Meso .....	24
Micro .....	25
Problema .....	25
Justificación:.....	25
Pertinencia .....	25
Relevancia: .....	25
Acotación:.....	27
Viabilidad: .....	27
Preguntas de investigación .....	27
Objetivos .....	28
Objetivo general .....	28
Objetivo específico .....	28
Estado del Arte .....	31
Marco Teórico .....	36
MARCO LEGAL .....	50
MARCO METODOLÓGICO.....	55
Línea: .....	55
Sub-línea: .....	55
Enfoque: .....	55
Nivel de Investigación: .....	55
Tipo de investigación:.....	55
Técnicas de Recolección: .....	56
Técnicas: .....	56
Instrumentos:.....	56
Técnicas: .....	56
Instrumentos: .....	56
Técnicas: .....	57
Instrumentos: .....	57
APLICACIÓN DE METODOLOGÍA.....	60
APLICACIÓN DEL OBJETIVO 1 ENTREVISTAS SEMI ESTRUCTURADAS APLICADAS .....	61
Ejes y aportes entrevista Arq. Omar Delgado .....	62
Ejes y aportes entrevista Arq. Carlos Campoverde .....	65
Ejes y aportes entrevista Arq. Marcelo Martínez .....	66
APLICACIÓN OBJETIVO 2 BUSQUEDA DOCUMENTAL .....	69
Aportes a la investigación .....	73
GUÍA PROCEDIMENTAL .....	75
OBJETIVO GENERAL APLICACIÓN DE LA GUÍA PROCEDIMENTAL EN LA HACIENDA TILIPULO .....	85
Revisión de las condiciones climáticas:.....	85
Revisión De Los Equipos. ....	87
Toma de Datos a distintos ángulos:.....	87
APLICACIÓN DE LA GUÍA CASO DE ESTUDIO HACIENDA TILIPULO .....	88
FASE 1 PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN.....	88
FASE 2 : ADQUISICIÓN DE DATOS HACIENDA TILIPULO .....	92
FASE 3 PROCESAMIENTO DE DATOS .....	94
CONCLUSIÓN DE LA APLICACIÓN METODOLÓGICA .....	117
Conclusión OE1._ Identificación de la Metodología de Fotogrametría mediante Entrevistas a Especialistas.....	117
Conclusión OE2. Análisis de la Aplicación de Fotogrametría en Levantamientos de Edificaciones Patrimoniales mediante una Búsqueda Documental. ....	117
Conclusión OE3._ Elaborar una guía procedimental de aplicación para fotogrametría en levantamiento de arquitectu-	

# ÍNDICE

## de contenidos

ra patrimonial.....	117
Recomendaciones para los resultados fotogrametricos	119
BIBLIOGRAFÍA .....	122

# ÍNDICE

## de figuras

FIGURAS	
Figura 1.....	26
Vista aérea, Iglesia Hacienda Tilipulo .....	26
Figura 2.....	29
Vista aérea, Hacienda Tilipulo.....	29
Figura 3.....	32
Fotogrametría, Iglesia Notre dame.....	32
Figura 4.....	32
Macchu Picchu.....	32
Figura 5.....	34
Subordinación de Variables.....	34
Figura 6.....	35
Red Conceptual Variable Independiente.....	35
Figura 7.....	35
Red Conceptual Variable Dependiente.....	35
Figura 8.....	37
Patio posterior, Hacienda Tilipulo.....	37
Figura 9.....	43
Vista aérea, Hacienda Tilipulo.....	43
Figura 11.....	58
Patio posterior, Hacienda Tilipulo.....	58
Figura 12.....	60
Vuelo con Drone, DJI Air Mavic 2S.....	60
Figura 13.....	67
Levantamiento fogramétrico con dron, Iglesia.....	67
Hacienda Tilipulo.....	67
Figura 13.....	74
Puntos de paso Hacienda Tilipulo. ....	74

# ÍNDICE

## de figuras

Figura 14.....	84	Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.....	88
Patio Interior, Hacienda Tilipulo.....	84	Figura 27.....	88
Figura 15.....	85	Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.....	88
Condicionantes para vuelo con drone.....	85	Figura 28.....	88
Figura 16.....	86	Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.....	88
Revisión de clima y condicionantes ambientales.....	86	Figura 29.....	89
Figura 17.....	86	Aplicación Google Earth, guardar archivo.....	89
Revisión de equipos previo vuelo.....	86	Figura 30.....	89
Figura 18.....	86	Acceso a dronelink.com.....	89
Recomendaciones previas al vuelo.....	86	Figura 31.....	89
Un día antes del vuelo.....	86	Importación de Archivos.....	89
Despegue.....	86	Figura 32.....	89
Antes del vuelo Inmediato.....	86	Importación de Archivos.....	89
Figura 19.....	87	Figura 32.....	90
Ángulos de vuelo.....	87	Plan de Vuelo.....	90
Figura 20.....	87	Figura 33.....	90
Ángulos de vuelo.....	87	Plan de Vuelo.....	90
Figura 21.....	87	Figura 34.....	90
Levantamiento fotogramétrico a 90°.....	87	Configuración cámara.....	90
Figura 22.....	87	Figura 35.....	90
Levantamiento fotogramétrico a 45°.....	87	Configuración cámara.....	90
Figura 23.....	88	Figura 36.....	91
Aplicación Google Earth.....	88	Importación de Archivos.....	91
Figura 24.....	88	Figura 37.....	92
Aplicación Google Earth, tool bar.....	88	Captura de imágenes.....	92
Figura 25.....	88	Figura 38.....	93
Aplicación Google Earth, buscador.....	88	Drone DJI Air Mavic 2S.....	93
Figura 26.....	88	Figura 39.....	93

# ÍNDICE

## de figuras

Calibración de Brújula .....	93	Puntos de paso.....	99
Figura 40.....	95	Figura 54.....	100
Características del Ordenador .....	95	Modelado 3D.....	100
Figura 41.....	95	Figura 55.....	100
Aplicación Metashape, Agisoft .....	95	Figura 56.....	101
Figura 42.....	95	Modelado de verificación de Altura.....	101
Aplicación Metashape, Agisoft.....	95	Figura 57.....	101
Figura 43.....	95	Modelado 3D monocromático.....	101
Aplicación Metashape, Nuevo Proyecto.....	95	Figura 58.....	102
Figura 44.....	95	Ortofoto Hacienda Tilipulo .....	102
Aplicación Metashape, Añadir Fotos .....	95	Figura 59.....	104
Figura 45.....	95	Ortofoto Fachada Posterior Iglesia, Hacienda Tilipulo.....	104
Aplicación Metashape, Orientar Fotos.....	95	Figura 60 .....	104
Figura 46.....	96	Ortofoto Fachada Lateral Izquierda, Hacienda Tilipulo..	104
Aplicación Metashape, Orientar Fotos, parámetros.....	96	Figura 61.....	106
Figura 47.....	96	Ortofoto Fachada Lateral Izquierda Iglesia, Hacienda Tilipu- lo.....	106
Aplicación Metashape, Referencias geográficas.....	96	Figura 62.....	106
Figura 48.....	96	Ortofoto Fachada Lateral Derecha Iglesia, Hacienda Tilipulo. 106	
Aplicación Metashape, Creación de nube de puntos.....	96	Figura 63.....	108
Figura 49.....	97	Ortofoto Fachada Frontal Iglesia, Hacienda Tilipulo.....	108
Aplicación Metashape, Creación de malla.....	97	Figura 64.....	109
Figura 50.....	97	Ortofoto Fachada Frontal Iglesia, Hacienda Tilipulo.....	109
Aplicación Metashape, Creación modelo de teselas.....	97	Figura 65.....	110
Figura 51.....	97	Ortofoto Altar Interior Iglesia Hacienda Tilipulo .....	110
Aplicación Metashape, Creación de ortomosaico.....	97	Figura 66.....	111
Figura 52.....	99	Nube de puntos Iglesia, Hacienda Tilipulo .....	111
Nube de puntos densa.....	99		
Figura 53.....	99		

# ÍNDICE

## de figuras

Figura 67.....	111
Modelado 3D, Hacienda Tilipulo.....	111
Figura 68.....	112
Modelado 3D, Hacienda Tilipulo.....	112
Figura 69.....	112
Modelado 3D, Hacienda Tilipulo.....	112
Figura 70.....	113
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.....	113
Figura 71.....	114
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.....	114
Figura 72.....	114
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.....	114
Figura 73.....	115
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.....	115
Figura 74.....	115
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.....	115
Figura 75.....	121
Fotogrametría aplicada .....	121
Figura 76.....	127
Codigo QR entrevistas Arq. Carlos Campoverde .....	127
Figura 77.....	127
Codigo QR entrevistas Arq. Omar Delgado .....	127
Petición para el desbloqueo zonas GEO DAGC .....	128

# ÍNDICE

## de tablas

TABLA 1 .....	57
Perfil Arq. Omar Delgado .....	57
TABLA 2 .....	57
Proyectos del Arq. Omar Delgado .....	57
TABLA 3.....	60
Perfil Arq. Carlos Campoverde .....	60
TABLA 4.....	60
Proyectos Arq. Carlos Campoverde .....	60
TABLA 5.....	62
Perfil Arq. Marcelo Martines .....	62
TABLA 6.....	62
Proyectos Arq. Marcelo Martines .....	62
TABLA 7 .....	64
Juicio a expertos .....	64
TABLA 8 .....	65
Ficha Bibliográfica .....	65
TABLA 9.....	66
Ficha Bibliográfica .....	66
TABLA 10.....	67
Ficha Bibliográfica .....	67
TABLA 11.....	68
Ficha Bibliográfica .....	68
TABLA 12.....	69
Aportes revisión bibliográfica .....	69
TABLA 13.....	71
Condiciones climáticas.....	71

# CAPÍTULO 1

# CAPÍTULO 1

## Contextualización:

### Macro

A nivel Latinoamérica la documentación del patrimonio edificado es esencial para la preservación de la historia y la cultura de la humanidad. Este proceso implica registrar detalladamente las características físicas y arquitectónicas de edificios históricos, monumentos y otros sitios de importancia cultural. Sin embargo, la metodología tradicional utilizada para este propósito ha mostrado varias limitaciones que afectan la precisión y la eficiencia del levantamiento arquitectónico. Muchas técnicas tradicionales de documentación del patrimonio, como los levantamientos manuales y la fotografía convencional, han sido criticadas por su falta de exactitud. Estas técnicas a menudo dependen de la habilidad manual y la percepción subjetiva del documentador, lo que puede resultar en registros inconsistentes e incompletos. Además, estos métodos son generalmente lentos y laboriosos, lo que limita la cantidad de estructuras que pueden ser documentadas en un período de tiempo determinado.

Por otro lado en la actualidad, la comprensión y estudio del patrimonio construido se apoyan fuertemente en su representación digital. El avance en los equipos de medición y en los softwares comerciales para el procesamiento y post-procesamiento de datos ha impulsado el uso de nuevas metodologías de levantamiento, esenciales para el análisis de

bienes patrimoniales. La calidad y precisión de los resultados obtenidos mediante estos métodos permiten profundizar en las particularidades de los elementos documentados, optimizando significativamente los resultados, lo cual es crucial durante las fases de estudio y análisis posteriores al levantamiento.

Específicamente, la fotogrametría arquitectónica ofrece resultados superiores a otros métodos, ya que proporciona datos métricos con gran precisión y detalla la textura de las superficies. Esto permite no solo conocer y estudiar las patologías del edificio, sino también documentar sus materiales, entender su sistema constructivo y leer su historia. La información obtenida sirve de base para aplicar estudios, ayudando a determinar las fases de ejecución del edificio.

Estos avances tecnológicos han revolucionado la manera en que se aborda la documentación y conservación del patrimonio construido, facilitando una comprensión más profunda y detallada de los bienes patrimoniales.

### Meso

Ecuador cuenta con un vasto patrimonio arquitectónico que abarca desde sitios arqueológicos precolombinos hasta edificaciones coloniales y modernas. Sin embargo, la documentación de estos sitios a menudo se realiza utilizando



técnicas tradicionales que no garantizan precisión y están desactualizadas.

En Ecuador, las técnicas de levantamiento arquitectónico predominantes siguen siendo manuales esto ha llevado a problemas significativos en la precisión de los registros arquitectónicos, lo que a su vez afecta la conservación y restauración adecuada de estos sitios.

## Micro

En Latacunga, los problemas de documentación del patrimonio edificado son particularmente graves. Las técnicas utilizadas no garantizan precisión, lo que lleva a registros incompletos y errores en las intervenciones de conservación, esto ha llevado a que las intervenciones realizadas sean inadecuadas y no se garantiza que las intervenciones estén correctamente realizadas la precisión de las técnicas tienen fallas de varios centímetros y en distancias grandes de hasta metros.

A demás en la ciudad de Latacunga se tienen registros patrimoniales de hace 8 años los cuales no están actualizados y son obsoletos puesto que con el pasar del tiempo se ha evidenciado nuevas afectaciones y patologías que para la toma de decisiones es de vital importancia.

## Problema

Obsoletas técnicas para el levantamiento arquitectónico de edificaciones patrimoniales, las técnicas implementadas actualmente no garantizan precisión están des actualizadas y son inexactas.

## Justificación:

### Pertinencia

Es pertinente puesto que la fotogrametría ha surgido como una herramienta fundamental en el campo de la documentación y conservación del patrimonio edificado. Su capacidad para generar modelos tridimensionales precisos a partir de imágenes fotográficas la convierte en una técnica invaluable tanto teórica como práctica. Desde una perspectiva teórica, esta investigación profundizará en los principios de la fotogrametría y su aplicación en contextos patrimoniales, aportando conocimientos esenciales para la academia y profesionales del sector. Prácticamente, la elaboración de una guía técnica facilitará a los profesionales del patrimonio un recurso estandarizado y accesible para implementar fotogrametría en sus proyectos, mejorando la precisión y eficiencia de sus intervenciones.

Así la pertinencia del caso de estudio de La Hacienda Tilipulo ha sido catalogada por su grado de protección absoluta, lo que implica que cualquier intervención en su estructura debe ser realizada con extremo cuidado y bajo estrictas normativas de conservación. Este nivel de protección refleja la importancia de la hacienda como un bien cultural insustituible, cuyo valor histórico, arquitectónico y cultural es reconocido tanto a nivel local como nacional. La elección de un sitio con tal grado de protección subraya la necesidad de métodos de documentación precisos y confiables, como la fotogrametría, que permitan realizar intervenciones mínimas y no invasivas. Al igual por su valor histórico ya que esta cuenta con una gran historia y al igual un motivo relevante para su elección es su año de construcción

### Relevancia:

La investigación es relevante porque aborda la necesidad crítica de métodos precisos y eficientes para la documentación del patrimonio edificado. La fotogrametría, aunque ya reconocida en otros campos, aún presenta un potencial sin explotar en la conservación del patrimonio histórico. Esta guía técnica será novedosa al ofrecer un enfoque estandarizado y práctico, adaptado específicamente a las necesidades del patrimonio edificado. La documentación precisa y detallada

**Figura 1.**  
Vista aérea, Iglesia Hacienda Tilipulo.



no solo ayudará en la conservación y restauración de edificaciones históricas, sino que también servirá como una base de datos invaluable para futuras investigaciones y proyectos de conservación, beneficiando tanto a instituciones gubernamentales como a toda la comunidad de Latacunga ya que se preserva un bien histórico con mucha relevancia para su comunidad.

### Acotación:

La investigación se centrará en el desarrollo de una guía técnica para la aplicación de la fotogrametría en la documentación de edificaciones patrimoniales, tomando como caso de estudio la Hacienda Tilipulo. El alcance máximo de esta investigación incluirá la elaboración de la guía, la implementación práctica de la fotogrametría en la hacienda y la evaluación de los resultados obtenidos.

### Viabilidad:

La viabilidad del proyecto está respaldada por la disponibilidad de recursos tecnológicos y humanos necesarios para su ejecución. La creciente accesibilidad a drones y software especializado en fotogrametría facilita la implementación de esta tecnología en el campo del patrimonio. Además, se cuenta con el apoyo de instituciones académicas y culturales que proporcionarán tanto los equipos necesarios como el conocimiento experto para llevar a cabo el proyecto. Desde un punto de vista económico, el uso de tecnologías accesibles y la colaboración con instituciones locales aseguran que los costos se mantengan dentro de límites manejables, garantizando la sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

## Preguntas de investigación

OE1 ¿Cuál es la metodologías para la aplicación de fotogrametría en edificaciones patrimoniales?

OE2 ¿Cuál es son los casos de estudio que han aplicado la fotogrametría para la documentación de edificaciones patrimoniales?

OE3 ¿Cuáles son los pasos esenciales para la implementación de la fotogrametría en edificaciones patrimoniales?

## Objetivos

### Objetivo general

Implementar criterios de fotogrametría en el levantamiento de la hacienda Tilipulo mediante una guía procedimental de aplicación.

### Objetivo específico

- Identificar la metodología de fotogrametría mediante aplicación de entrevistas a especialistas.
- Analizar la aplicación de fotogrametría en levantamientos correspondientes a edificaciones patrimoniales mediante una búsqueda documental.
- Elaborar una guía procedimental de aplicación de la fotogrametría en levantamiento de arquitectura patrimonial para conservar su autenticidad.

Figura 2.  
Vista aérea, Hacienda Tilipulo.





# CAPÍTULO 2

# CAPÍTULO 2

## Estado Del Arte

La arquitectura es la disciplina que se encarga del diseño y la construcción de edificios y otras estructuras físicas. No solo se trata de crear espacios habitables, sino también de considerar aspectos estéticos, funcionales y culturales. La arquitectura ha jugado un papel crucial en el desarrollo de la civilización humana, reflejando y moldeando las sociedades a lo largo del tiempo, con la intervención de la fotogrametría como una técnica de reconstrucción del patrimonio edificado.

El patrimonio edificado incluye estructuras arquitectónicas, monumentos y sitios de valor histórico y cultural. Estas edificaciones no solo son testigos de la historia sino también representan la identidad cultural de las comunidades. Su preservación es crucial para mantener la continuidad cultural y educativa de las sociedades (Bates Falkingham, 2021). Además, la documentación precisa es fundamental para la conservación, restauración y gestión del patrimonio edificado. Registros exactos permiten a los conservadores y restauradores comprender mejor las características y condiciones de los edificios, lo que es esencial para planificar intervenciones adecuadas (Rossi Sanchez-Aparicio, 2023). Sin embargo, históricamente, la documentación del patrimonio se realizaba mediante dibujos y fotografías manuales, que, aunque útiles, eran limitados en precisión y detalle. Con el avance tecnológico, las técnicas han evolucionado para incluir la fotogrametría, ofreciendo mayor precisión y eficiencia en la captura de datos arquitectónicos (Kowalski Nowak, 2022).

La fotogrametría es una técnica que utiliza fotografías para medir y mapear objetos y espacios. En tal caso Luhmann et al., (2020) menciona que la fotogrametría es una técnica que permite la creación de modelos tridimensionales precisos a partir de imágenes fotográficas. Utiliza principios geométricos para calcular las dimensiones y formas de los objetos fotografiados, facilitando la generación de representaciones digitales detalladas

Las tecnologías 3D incluyen el escaneo láser, que utiliza láseres para capturar la geometría de los objetos con precisión (Jansen, 2020). Desde sus inicios en la fotografía aérea hasta su aplicación moderna en drones y UAVs, la fotogrametría ha evolucionado significativamente, permite crear modelos digitales detallados de estructuras históricas, proporcionando una documentación precisa y accesible. Por ejemplo, tras el incendio de 2019, la Catedral de Notre Dame en París fue escaneada con fotogrametría para asegurar la preservación de su estructura y detalles arquitectónicos (Grussenmeyer et al 2019).

Hoy en día, se utiliza en diversas disciplinas, incluyendo la arqueología, arquitectura y conservación del patrimonio (Smith & Davis, 2021). Los modelos tridimensionales generados por fotogrametría permiten a los expertos analizar y diagnosticar problemas estructurales en edificios históricos. Esta técnica puede identificar fisuras, desplazamientos y otros signos de deterioro que no son visibles a simple vista, mejorando así el proceso de conservación (Fregonese 2018).

**Figura 3.**  
Fotogrametría, Iglesia Notre dame.



Nota: Tomado de García R. (2019)

Además, la fotogrametría ofrece ventajas significativas, como su precisión y rapidez, así como la capacidad para capturar detalles complejos. Sin embargo, presenta desafíos como la necesidad de software especializado y formación técnica para su uso eficaz (Turner White 2020). Por otro lado, el escaneo láser terrestre complementa la fotogrametría al proporcionar datos altamente precisos que se pueden integrar en modelos de información de edificios (BIM) para una gestión más eficiente del patrimonio (Pocobelli Boehm 2018).

Diversos estudios han demostrado el éxito de la fotogrametría en la documentación de edificios patrimoniales. Por ejemplo, el uso de fotogrametría en la iglesia de San Adalberto en Gdansk ha permitido la creación de modelos 3D detallados que facilitan la evaluación de su estado y planificación de restauraciones (Kowalski & Nowak, 2022). Otro caso de implementación de la fotografía son los alrededores del mundo los cuales utilizó la fotogrametría para la conservación del patrimonio. En Machu Picchu, por ejemplo, se han creado modelos detallados que ayudan a monitorear el impacto del turismo y las condiciones ambientales en las estructuras antiguas (Ogleby, 2015).

Además, la fotogrametría permite una evaluación detallada y precisa de edificios históricos, identificando áreas de deterioro y proporcionando datos cruciales para la conservación (Rossi & Sanchez-Aparicio, 2023). Por otro lado, la combinación de fotogrametría y escaneo láser ha demos-

**Figura 4.**  
Macchu Picchu.



Nota: Tomado de María Fernández Díaz-Formentí (2013)

trado ser particularmente eficaz, permitiendo la creación de modelos híbridos que combinan lo mejor de ambas técnicas para una documentación completa y precisa (Kowalski & Nowak, 2022).

Los procedimientos estándar en fotogrametría incluyen la planificación del vuelo de drones, la captura de imágenes desde múltiples ángulos y la utilización de software para procesar y generar modelos 3D (Jansen, 2020). Los drones equipados con cámaras de alta resolución han revolucionado la fotogrametría, permitiendo capturar datos en áreas de difícil acceso y mejorar la eficiencia en la documentación (Kowalski & Nowak, 2022). Además, existen diversas herramientas de software, como PIX4DMapper, que facilitan el procesamiento de imágenes y la creación de modelos 3D detallados. Estas herramientas son esenciales para convertir las fotografías capturadas en datos utilizables (Kowalski & Nowak, 2022). Sin embargo, el proceso de creación de modelos 3D incluye la captura de datos, el procesamiento de imágenes, la generación de nubes de puntos y la visualización de los modelos. Cada etapa es crucial para asegurar la precisión y calidad del modelo final (Smith & Davis, 2021).

No obstante, existen desafíos técnicos y tecnológicos en la implementación de la fotogrametría, incluyendo la calibración de cámaras y la gestión de grandes volúmenes de datos



(Rossi & Sanchez-Aparicio, 2023).

El desarrollo de software de fotogrametría, como Agisoft Metashape y Pix4D, ha facilitado el procesamiento de grandes cantidades de imágenes para crear modelos 3D detallados. Estos programas utilizan algoritmos avanzados para alinear y ensamblar imágenes automáticamente, reduciendo significativamente el tiempo y el esfuerzo necesarios para generar modelos precisos (Westoby et al., 2018).

De tal forma que los modelos 3D generados mediante fotogrametría se pueden integrar en entornos de realidad virtual (VR) para ofrecer experiencias inmersivas. Estas tecnologías no solo ayudan en la conservación y restauración, sino que también permiten a los investigadores y al público en general explorar sitios patrimoniales de manera virtual. "La realidad virtual basada en modelos fotogramétricos ofrece nuevas oportunidades para la educación y la difusión del patrimonio cultural" (Bruno et al., 2019).

Sin embargo la implementación de fotogrametría y escaneo láser requiere inversiones significativas en equipo y software, así como en la formación de personal capacitado, lo cual puede ser una barrera para muchas instituciones (Turner & White, 2020).

Cabe recalcar que la transición de la fotogrametría tradicional a la digital ha revolucionado el campo, permitiendo una mayor precisión y eficiencia en la documentación del patrimonio arquitectónico. Las cámaras digitales de alta resolución, combinadas con software avanzado, han facilitado la captura y procesamiento de datos fotogramétricos de manera más rápida y precisa (Remondino et al., 2021).

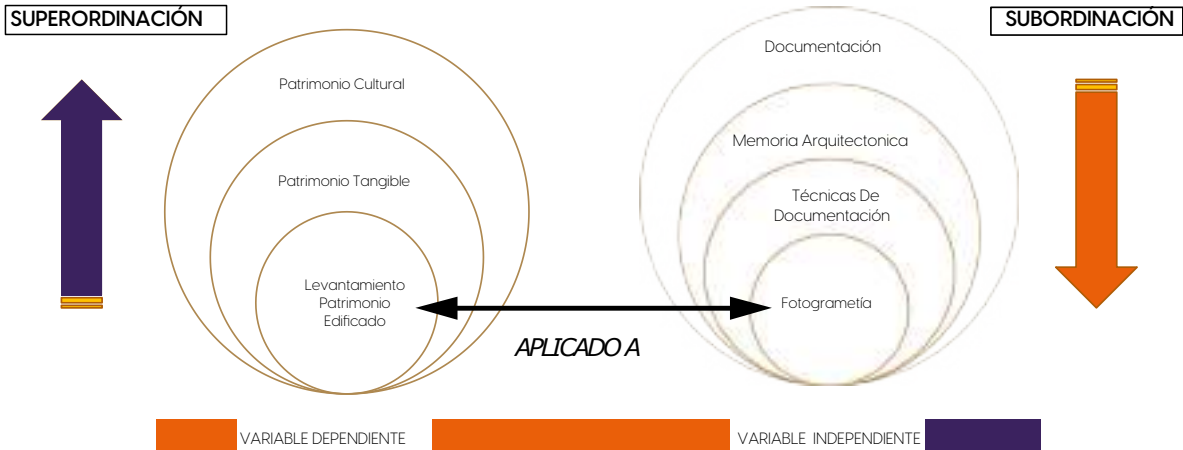
A pesar de ello, el uso de drones ha transformado la manera en que se realiza la fotogrametría, especialmente en áreas de difícil acceso. Estos dispositivos permiten capturar imágenes aéreas detalladas y desde múltiples ángulos, lo que resulta en modelos 3D más completos y precisos. "Los drones han permitido la captura de datos en sitios arqueológicos y monumentos históricos con una precisión sin precedentes" (Nex y Remondino, 2018).

Por otro lado, aunque la fotogrametría ofrece alta precisión, existen limitaciones en la resolución de los datos capturados, especialmente en áreas con detalles finos o superficies

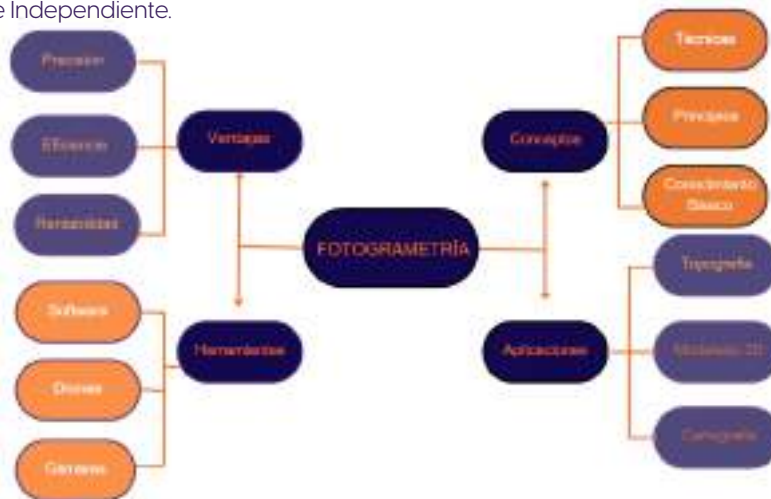
reflectantes (Pocobelli Boehm, 2018). También, la documentación digital del patrimonio plantea cuestiones legales y éticas, como la protección de los derechos de propiedad intelectual y la privacidad de los datos (Bates Falkingham, 2021).

Por el contrario, las innovaciones tecnológicas emergentes, como los sensores avanzados y las plataformas de análisis de datos basadas en inteligencia artificial, están mejorando continuamente la capacidad de la fotogrametría para capturar y procesar datos de alta calidad (Rossi Sanchez-Aparicio 2023). La inteligencia artificial y el aprendizaje automático están siendo utilizados para automatizar el procesamiento de imágenes y mejorar la precisión de los modelos 3D, facilitando la detección de patrones y anomalías (Pocobelli & Boehm, 2018). Además, la integración de la realidad aumentada y virtual permite una visualización interactiva de los modelos 3D, ofreciendo nuevas posibilidades para la educación, la investigación y la difusión del patrimonio cultural (Kowalski Nowak, 2022). Por otro lado, los proyectos interdisciplinarios e internacionales están desempeñando un papel crucial en el avance de las técnicas de documentación del patrimonio, promoviendo el intercambio de conocimientos y recursos (Smith Davis, 2021).

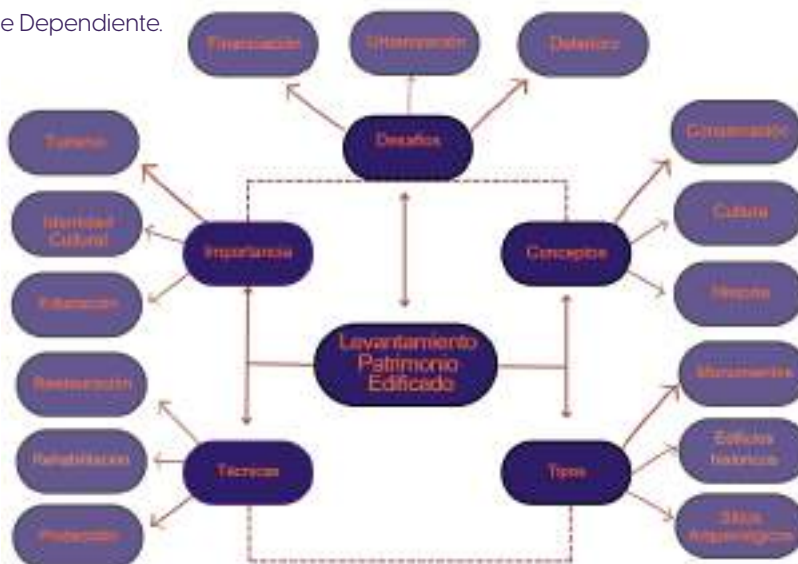
**Figura 5.**  
Subordinación de Variables.



**Figura 6.**  
Red Conceptual Variable Independiente.



**Figura 7.**  
Red Conceptual Variable Dependiente.



## Marco Teórico

Actualmente la sociedad vive en un estado globalizado y moderno, dicho aspecto impacta de manera negativa en el patrimonio arquitectónico dado que este enfrenta constantes amenazas debido a intereses económicos, políticos e ideológicos. No obstante, existen leyes internacionales y naciones que establecen al patrimonio arquitectónico como un bien que debe ser cuidado y preservado.

Ecuador se destaca como uno de los países que más cuida su legado, el país cuenta con varios asentamientos que datan de las épocas colonial y contemporánea, los cuales buscan integrar lo antiguo con lo moderno, pero conservando su valor y su infraestructura original.

Con el afán de conservar la infraestructura original de los patrimonios culturales se ha buscado implementar diferentes técnicas, sin embargo, las mismas no han sido precisas ya que los resultados y registros han presentado errores en la intervención de conservación.

Por el contrario, con la aplicación de la fotogrametría se ha evidenciado una precisión cercana al 100 % dado que sus datos proporcionan mediciones precisas de objetos y terrenos, lo cual es crucial en campos como la arquitectura, la ingeniería y la arqueología, además permite capturar datos de grandes áreas en un corto período de tiempo, lo que la hace más eficiente que los métodos tradicionales de medición.

### 1. Patrimonio Arquitectónico

El patrimonio arquitectónico se refiere a la herencia cultural constituida por las edificaciones y estructuras de valor histórico, artístico, social, científico o técnico, que son relevantes para la identidad y la memoria de una comunidad o sociedad. Este patrimonio incluye una amplia gama de elementos, desde monumentos y edificios históricos hasta sitios arqueológicos y conjuntos urbanos.

Debido a ello (Alvarez Mora, 1995) menciona que la conservación del Patrimonio se ha convertido, hoy día, en una de las prácticas más habitualmente impulsadas y reconocidas socialmente, ya que dicha práctica constituye, en esencia, la expresión de un sentimiento colectivo muy generalizado y de un alcance social considerable. A nadie es ajena la idea de

que tenemos la obligación de legar, a las generaciones futuras, las obras arquitectónicas

En otros términos la conservación del patrimonio es una de las prácticas más comunes y socialmente reconocidas. Esta actividad refleja esencialmente un sentimiento colectivo ampliamente compartido y con una gran relevancia social. Es una noción generalizada que tenemos la responsabilidad de transmitir las obras arquitectónicas a las generaciones venideras.

A pesar de todo, la conservación del Patrimonio Arquitectónico se ha desarrollado dentro de un marco que, aunque no siempre es racional, ha permitido, aunque con grandes dificultades, preservar una parte de la historia construida.

Dicho patrimonio heredado tiene características muy selectivas. Aunque es evidente que se ha mostrado un respeto relativo hacia la historia, también es cierto que dicho respeto se ha centrado en piezas arquitectónicas que solo representan una faceta de ella. Se trata de monumentos cuyas raíces y razón de ser están vinculadas principalmente con los sectores sociales más cercanos a los poderes establecidos.

Es importante mencionar que el patrimonio arquitectónico es un reflejo tangible de la identidad cultural de una sociedad. Los edificios históricos, monumentos, y conjuntos arquitectónicos son testimonios materiales de las tradiciones, valores y creencias de las comunidades pasadas. Si bien es sabido que el patrimonio arquitectónico conserva la memoria histórica de eventos significativos, personas influyentes y periodos de cambio en la historia de una sociedad. Estos elementos sirven como recordatorios de los logros y desafíos del pasado.

Por consiguiente (Romero, 2014) define la cultura como "un sistema de concepciones heredadas que se expresan en formas simbólicas mediante las cuales los seres humanos comunican, perpetúan y desarrollan sus conocimientos acerca de la vida y sus actitudes hacia ella"

Dicho de otro modo la cultura es un marco de concepciones transmitidas culturalmente que se expresa en símbolos y formas, permitiendo a los seres humanos compartir, mantener y evolucionar sus conocimientos y actitudes sobre la vida.

Figura 8.  
Patio posterior, Hacienda Tilipulo.



Ahora bien, su importancia radica en el hecho de que el patrimonio arquitectónico aporta información cultural al estudio histórico de la sociedad, ya que a través de los edificios, monumentos y estructuras históricas se puede acceder a conocimientos valiosos sobre el contexto social, político y económico de épocas pasadas. (Carreton, 2023)

Es decir que el valor del patrimonio arquitectónico reside en su capacidad para proporcionar información cultural al análisis histórico de las sociedades, dado que los edificios, monumentos y estructuras del pasado brindan conocimientos significativos sobre el contexto social, político y económico de tiempos anteriores.

Por lo tanto estos elementos arquitectónicos no solo reflejan los estilos y técnicas constructivas de su tiempo, sino que también ofrecen evidencias de las costumbres, creencias y valores de las comunidades que los crearon. Por ejemplo, el estudio de la arquitectura de un palacio antiguo puede revelar detalles sobre la organización social, la influencia de la religión y las relaciones de poder en la época en que fue construido.

Además, el patrimonio arquitectónico sirve como un recurso tangible para la investigación histórica, proporcionando una base concreta sobre la cual los historiadores pueden construir interpretaciones sobre el desarrollo de las sociedades a lo largo del tiempo.

## 2. Tipos de Patrimonios Arquitectónicos

El patrimonio o bien arquitectónico (Patrimoine o Heritage), un subconjunto del patrimonio cultural tangible e intangible, es una categoría que comprende monumentos, edificios y conjuntos arquitectónicos que, por su importancia histórica, cultural y estética, son de interés público y constituyen la riqueza de un lugar y de su población, contribuyendo notablemente a la sólida memoria de la humanidad (Basile, 2023)

O dicho de otra manera el patrimonio arquitectónico, es una sección del patrimonio cultural que incluye tanto elementos tangibles como intangibles. Este concepto abarca monumentos, edificios y conjuntos arquitectónicos que, por su trascendencia histórica, su valor cultural y su belleza estética, son de interés para el público. Estos elementos arquitectónicos constituyen una valiosa herencia para un lugar y sus ha-

bitantes, desempeñando un papel crucial en la preservación de la memoria histórica y cultural de la humanidad.

De acuerdo con Solano (2002), el patrimonio es una definición amplia que incluye ambientes naturales como culturales. Abarca los paisajes, los sitios históricos, los emplazamientos y los entornos construidos, así como la biodiversidad, los grupos de objetos diversos, las tradiciones pasadas y presentes y los conocimientos.

De tal modo que la hablar de los tipos de patrimonios no se hace referencia solo a constricciones sino también al entorno que lo rodea. Un ejemplo de ello sería la "Gran Muralla China"

La Gran Muralla China es uno de los monumentos más impresionantes y significativos de la historia de la humanidad, representa un logro monumental de ingeniería y un testimonio perdurable de la rica historia cultural de China, actualmente es uno de los destinos turísticos más populares del mundo siendo declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Su conservación y restauración son de vital importancia para preservar este legado invaluable para las generaciones futuras.

Eso en mención de monumentos históricos, ahora bien, en cuanto a edificaciones históricas. (Ziccardi, 2018. P. 11) Los centros históricos son una pieza fundamental en el sistema urbano y, como tal, han estado sometidos a diversos procesos de transformación y de reinención de sí mismos a lo largo de la historia. Es decir que Dentro del sistema urbano, los centros históricos son fundamentales y, a lo largo de la historia, han sido transformados y reinventados de muchas maneras.

De tal modo que estas construcciones poseen una importancia histórica y cultural mismas que han sido preservadas por su valor para la memoria colectiva, algunas de las características que posee es que tienen un valor histórico significativo, son símbolos de eventos importantes o figuras destacadas y pueden ser independientes o formar parte de un conjunto arquitectónico.

## 3. Técnicas del patrimonio arquitectónico

Es importante mencionar las técnicas del patrimonio arquitectónico ya que mantienen la integridad y autenticidad

de edificios históricos, asegurando que las futuras generaciones puedan apreciar y aprender de ellos, ciertas construcciones o espacios arquitectónicos atraen turismo, generando ingresos económicos y fomentando el desarrollo local

Además, promueven la educación y la conciencia sobre la importancia del patrimonio cultural, involucrando a la comunidad en su preservación, finalmente fomentan el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías en la construcción y restauración, promoviendo la sostenibilidad y el uso de materiales compatibles con los originales.

En cuanto a la protección Varas, (2018) menciona que "la protección del patrimonio arquitectónico es crucial por varias razones. Preservar la memoria histórica es uno de los objetivos principales. Los edificios históricos actúan como testigos materiales de las épocas pasadas y reflejan diversas etapas del desarrollo cultural y social de una comunidad, permitiendo mantener viva la memoria colectiva, lo cual es fundamental para la identidad cultural"

En otros términos, la conservación del patrimonio arquitectónico es vital por múltiples motivos. Uno de los principales objetivos es preservar la memoria histórica. Los edificios históricos son testigos tangibles de épocas pasadas y representan diferentes etapas del desarrollo cultural y social de una comunidad. Estos edificios permiten mantener viva la memoria colectiva, lo cual es esencial para la identidad cultural

Inclusive la rehabilitación del patrimonio adapta un edificio histórico a un nuevo uso, preservando sus características originales, lo que permite modernizar instalaciones y mejorar la funcionalidad de los espacios, manteniendo el valor estético y simbólico del inmueble

Por su parte (Torres, 2014, p.32) menciona que la rehabilitación arquitectónica es entendida como el conjunto de acciones que permiten habilitar un lugar o una obra existente recuperando las funciones desempeñadas en ellos, o bien, integrándoles nuevos usos.

Dicho de otra forma es habilitar los espacios para que puedan reincorporarse funcionalmente a la sociedad, adaptándose a las formas de vida contemporánea. De este modo, mediante una nueva significación, se integrarán como parte de la memoria colectiva de los habitantes.

Por lo mismo "Rehabilitar implica mejorar el hecho de habitar, buscando el equilibrio entre los aspectos técnicos, la preservación de los valores patrimoniales y los criterios de equidad social, de eficiencia económica y de preservación del medio ambiente (los tres puntales de la sostenibilidad" (RehabiMed, 2005).

Entonces al hablar de rehabilitación se hace referencia a la reposición del patrimonio arquitectónico el cual no solo se enfoca en la conservación de los elementos físicos, sino también en la revitalización del uso y significado de los edificios en el contexto actual, ya que mantienen la autenticidad y la integridad de los edificios históricos, empleando técnicas de desarrollo sostenible que aportan a la continuidad de la memoria histórica.

A propósito de las técnicas, la última hace referencia a la restauración del patrimonio "siendo esto una intervención dirigida sobre un bien patrimonial, cuyo objetivo es la conservación de su autenticidad y su apropiación por la comunidad" (Torres, 2014).

Por eso Mariana (2007) añade que "La restauración debe basarse en un profundo conocimiento del edificio y sus componentes, y debe realizarse de manera que se respete su valor histórico, evitando intervenciones que cambien su carácter original."

Dicho de otro modo la restauración debe fundamentarse en un conocimiento exhaustivo del edificio y sus elementos, llevándose a cabo de manera que se respete su valor histórico, evitando cualquier intervención que altere su carácter único.

Por otro lado Jokilehto (1999) también destaca que la restauración debe basarse en un estudio detallado de la historia y evolución del edificio, asegurando que las acciones realizadas respeten sus características originales.

En todo caso, la restauración del patrimonio arquitectónico se refiere a la acción de intervenir en un edificio histórico con el fin de devolver una construcción histórica a su estado original, preservando su valor cultural y estético, asegurando que se mantenga su autenticidad y carácter histórico.

Por lo tanto este proceso implica un estudio detallado del

edificio y sus componentes, basado en un profundo conocimiento de su historia y técnicas constructivas originales. En esencia, la restauración busca equilibrar la conservación del pasado con las necesidades del presente, asegurando que los edificios históricos sigan siendo parte integral de la memoria colectiva y el entorno contemporáneo.

Dentro de este marco es indispensable mencionar la importancia del patrimonio arquitectónico la cual radica en la educación, turismo e identidad cultural.

Con respecto a la identidad cultural el patrimonio arquitectónico actúa como un testigo tangible de la historia y la cultura de una comunidad, porque los edificios reflejan las diversas etapas del desarrollo social, político y económico de una sociedad, permitiendo a las generaciones actuales y futuras comprender y apreciar su herencia. La conservación de estos monumentos históricos ayuda a mantener viva la memoria colectiva, lo cual es fundamental para la identidad cultural de un pueblo.

De todas formas el patrimonio cultural posee "una estrecha vinculación con la identidad de su comunidad, ya que a través de él es posible aprender, identificar y reconocer las acciones del pasado y la forma en la cual las comunidades que lo habitaron entendieron, en determinado momento, el concepto de vida cotidiana" (Larios & Cabrera, 2021).

Por consiguiente el patrimonio arquitectónico tiene una fuerte conexión con la identidad de su comunidad, ya que permite aprender, identificar y reconocer las acciones del pasado y entender cómo las comunidades que lo habitaron percibieron y vivieron su vida cotidiana en determinado momento. A través de estos edificios históricos, se puede captar una visión de la vida diaria de épocas pasadas, lo que contribuye a la comprensión y valoración de la historia y la cultura locales.

Debe señalarse que el patrimonio arquitectónico juega un papel crucial en la educación y sensibilización sobre la importancia de la identidad cultural, al proteger y restaurar edificios históricos, se crea un entorno donde las personas pueden aprender sobre su pasado, entendiendo mejor los contextos históricos y culturales que han moldeado su presente. Esto fomenta un mayor aprecio y respeto por la diversidad cultural y patrimonial

Gonzales (2018) subraya que estos esfuerzos educativos son fundamentales para inculcar un sentido de responsabilidad y valor por el patrimonio en las nuevas generaciones.

Es decir que al hablar de sitios históricos y patrimoniales se esta educando a las generaciones presentes y venideras sobre el valor arquitectónico e histórico que posee cada uno de ellos dependiendo de el entorno que los rodea.

Un claro ejemplo es la hacienda Tilipulo ubicada en la ciudad de la Latacunga provincia de Cotopaxi, su claro aporte a nivel de educación es que los estudiantes pueden aprender sobre la vida y actividades económicas en épocas pasadas, comprendiendo mejor el desarrollo histórico de la región.

También La hacienda puede ser utilizada como un caso de estudio para enseñar sobre la importancia de la preservación y restauración del patrimonio arquitectónico. Los estudiantes pueden aprender sobre técnicas de conservación, la historia de la arquitectura colonial, y el valor de mantener viva la memoria histórica de las comunidades

La relación entre el turismo y el patrimonio arquitectónico es profunda y multifacética, dado que las construcciones atraen visitantes de diferentes localidades, y al momento de exponer el lugar también se hace énfasis en la cultura e historia es por eso que todo guarda relación y cada aspecto a considerar es importante y relevante a nivel cultural y arquitectónico.

De tal modo que Lowenthal (1998) establece que "El patrimonio es una invención moderna, una construcción cultural que se adapta a las necesidades del presente y las expectativas del futuro"

En otras palabras el patrimonio es una creación contemporánea, una construcción cultural que se desarrolla en función de las necesidades actuales y las proyecciones para el futuro.

Tambien Lowenthal (1998) explica que el patrimonio arquitectónico es valorado en el contexto del turismo y el mercado. Según él, la percepción del patrimonio a menudo está mediada por sus aspectos estéticos y su potencial de atracción turística, en lugar de su valor histórico o cultural intrínseco.



Por lo tanto En el mercado turístico, el patrimonio arquitectónico es frecuentemente evaluado por su belleza visual y su capacidad para atraer turistas. Los aspectos estéticos de un edificio histórico, como su diseño arquitectónico, sus características ornamentales y su estado de conservación, son elementos clave que determinan su atractivo para los visitantes.

Los turistas suelen buscar experiencias visualmente impresionantes y únicas, y los edificios históricos que ofrecen una arquitectura llamativa o un entorno pintoresco a menudo se convierten en destinos populares.

Por eso la comercialización del patrimonio arquitectónico en el mercado turístico se basa en sus atributos estéticos y en su capacidad para generar ingresos a través de la venta de experiencias turísticas”(Richards, 2018)

Por consiguiente el patrimonio arquitectónico a menudo es comercializado en función de su capacidad para generar ingresos y atraer visitantes. En este sentido, se convierte en un producto turístico cuyo valor está ligado a su capacidad para contribuir al mercado turístico. Las estrategias de marketing se enfocan en resaltar las características estéticas y las oportunidades recreativas del sitio, como visitas guiadas, eventos especiales o actividades culturales, para maximizar su atractivo comercial.

Después de mencionar los conceptos, técnicas e importancia no se puede dejar de lado los desafíos por los que pasa el patrimonio arquitectónico.

De tal forma que uno de los principales desafíos del patrimonio arquitectónico es el deterioro y la degradación de los edificios históricos, el paso del tiempo, las condiciones climáticas adversas, la contaminación ambiental y la falta de mantenimiento pueden causar daños significativos a las estructuras históricas

El deterioro puede ser interno y externo, al hablar de factores nocivos se puede mencionar el deterioro ambiental, los factores biológicos y la actividad humana.

Debido a ello Gutiérrez, (2018) p. 15. Menciona que “El impacto del clima en el deterioro del patrimonio arquitectónico es un fenómeno complejo que requiere estudios detallados

para desarrollar estrategias de conservación efectivas”

Es decir que el deterioro ambiental incluye el impacto de las condiciones climáticas, la contaminación y la exposición a elementos naturales. La lluvia, el viento, el sol, la humedad y la contaminación atmosférica pueden causar daños significativos a las estructuras históricas.

Otra causa de deterioro son las actividades humanas, como el vandalismo, el uso inapropiado de los edificios y el mantenimiento inadecuado estos actos, dañan los exteriores de las construcciones arquitectónicas las cuales poseen un valor cultural y arquitectónico.

En consecuencia López, (2020), p. 123. Establece que “El deterioro de las estructuras históricas puede ser mitigado mediante el uso de técnicas avanzadas de diagnóstico y tratamiento que consideran tanto factores físicos como biológicos”

Por lo tanto, las técnicas avanzadas de diagnóstico y tratamiento permiten abordar tanto factores físicos como biológicos del deterioro. Los factores físicos incluyen la erosión, el colapso estructural, y los daños causados por fenómenos climáticos, mientras que los factores biológicos abarcan problemas como el ataque de microorganismos, hongos y plagas.

Con el afán de ejemplificar lo antes mencionado se hace mención de un análisis microbiológico de muestras de materiales puede identificar la presencia de hongos y bacterias que afectan la integridad de las estructuras, mientras que el análisis de patrones de humedad puede revelar problemas de infiltración que favorecen el crecimiento de estos organismos.

Otro desafío que enfrenta el patrimonio es la rentabilidad dado que la conservación del patrimonio arquitectónico a menudo se enfrenta a problemas de financiación. Los proyectos de restauración pueden ser costosos y, en muchos casos, los recursos disponibles son insuficientes para cubrir todas las necesidades de conservación.

Por eso Jokilehto, (1999) alude que “La falta de fondos adecuados para la conservación del patrimonio arquitectónico limita las posibilidades de llevar a cabo proyectos de

restauración efectivos”

Dicho de otro modo, la insuficiencia de recursos financieros para la conservación del patrimonio arquitectónico restringe las oportunidades para implementar proyectos de restauración eficaces.

Por lo antes expuesto la escasez de financiamiento limita la capacidad de llevar a cabo estudios exhaustivos previos a la restauración, como investigaciones históricas, diagnósticos de daños y evaluaciones de impacto. Estos estudios son esenciales para desarrollar un plan de intervención adecuado y asegurar que las acciones de restauración sean efectivas y respetuosas con el valor histórico y cultural del patrimonio.

Además, la falta de fondos afecta la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos de conservación. Los procesos de restauración no solo implican una inversión inicial, sino también un compromiso continuo para el mantenimiento y la vigilancia del patrimonio restaurado. Sin un presupuesto adecuado, es difícil garantizar que el patrimonio arquitectónico conserve su valor y estado durante el tiempo, lo que puede llevar a una degradación acelerada una vez que se complete el proyecto.

#### 4. Fotogrametría

Según la RAE ( 2023 ) fotogrametría significa : Procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías aéreas.

Es una tecnología que se permite analizar y describir la forma, tamaño, posición y dimensión de cualquier objeto presente en el entorno terrestre. Este proceso implica tomar medidas precisas sobre fotografías de los objetos en cuestión para determinar su ubicación en el espacio.

La Fotogrametría constituye sin lugar a dudas la metodología preferida para la obtención de cartografía, debido a su favorable relación entre coste y tiempo necesario para su obtención frente a las metodologías topográficas clásicas. (Pereda García & Sánchez Espeso, 2014)

En otros términos, la fotogrametría se destaca como la metodología preferida para la creación de cartografía, principalmente por su relación costo-eficiencia y el tiempo

requerido en comparación con las técnicas topográficas tradicionales.

Así mismo Pérez Álvarez,( 2001) asegura que la fotogrametría se basa en el análisis de pares estereoscópicos y extracción de la información de los mismos durante la fase de restitución, con ayuda de la visión estereoscópica. Entre los métodos fotogramétricos utilizados para la captura de la información (restitución fotogramétrica) puede hablarse de restitución numérica, analítica y digital

Dicho de otro modo la fotogrametría se basa en el estudio y análisis de pares estereoscópicos para extraer información valiosa durante el proceso de restitución, utilizando la visión estereoscópica como herramienta principal. Este campo abarca varios métodos para la captura de información, conocidos colectivamente como restitución fotogramétrica.

Entre estos métodos, se destacan la restitución numérica, que emplea cálculos matemáticos precisos; la restitución analítica, que se basa en principios geométricos y ópticos; y la restitución digital, que utiliza tecnología informática avanzada para procesar y analizar imágenes.

De tal forma que la tarea principal de la fotogrametría es determinar con precisión las relaciones geométricas entre la imagen y el objeto en el momento de la captura fotográfica. Una vez que esta relación se establece de manera adecuada, es posible extraer información del objeto a partir de las imágenes obtenidas.

Así mismo Caro Herrero ( 2012) expresa que la fotogrametría es una técnica que permite realizar medidas 3D y obtener volúmenes a partir de fotografías. Esta técnica (la denominada fotogrametría aérea) ha sido tradicionalmente empleada en la creación de mapas y su correspondiente levantamiento en 3D usando modelos digitales del terreno (DEM – Digital Elevation Model).

Sin embargo, hoy en día, el aumento de potencia de sistemas y la mejora en los algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes digitales ha hecho posible que esta técnica se incorpore con más fuerza para la generación de modelos tridimensionales.

Eso quiere decir que la fotogrametría puede realizar me-

Figura 9.  
Vista aérea, Hacienda Tilipulo.



diciones en tres dimensiones y calcular volúmenes a partir de fotografías. Originalmente, la fotogrametría aérea se utilizaba en la elaboración de mapas y en la creación de modelos digitales del terreno. Sin embargo, gracias al avance en la potencia de los sistemas y a la mejora de los algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes digitales, esta técnica ha evolucionado considerablemente.

Ahora la fotogrametría se utiliza con mayor frecuencia para la generación de modelos tridimensionales, lo que amplía su aplicación en diferentes campos como la cartografía, la arquitectura, la ingeniería y la industria del entretenimiento.

## Principios Fundamentales de la Fotogrametría

### Geometría de la Imagen

Por este lado Remondino & El-Hakim (2018) mencionan que este principio permite medir dimensiones y calcular la forma de los objetos a partir de las imágenes. Se utiliza para transformar coordenadas de la imagen en coordenadas espaciales del objeto real

Dicho de otro modo La geometría de la imagen en fotogrametría se ocupa de cómo los puntos en el objeto real se proyectan en la imagen fotográfica. Se basa en principios matemáticos y geométricos para establecer una relación precisa entre el objeto tridimensional y su representación bidimensional en la imagen.

### Proyección Central

Es un modelo geométrico donde los rayos de luz se proyectan desde un punto central a un plano de imagen.

Este principio es esencial para entender cómo se forma una imagen fotográfica y para convertir coordenadas de imágenes en coordenadas del mundo real usando fórmulas matemáticas (Hofmann et al., 2019).

O lo que es lo mismo este principio es fundamental para comprender el proceso mediante el cual se genera una imagen fotográfica y para traducir las coordenadas de la imagen a algo real utilizando números

La formación de una imagen fotográfica no es simplemente un acto de capturar una escena, sino un proceso complejo donde la luz de la escena se proyecta a través de una lente sobre un sensor. Este proceso puede describirse mediante modelos matemáticos que relacionan la posición de los objetos en el mundo real con sus representaciones en la imagen.

Las fórmulas matemáticas permiten traducir estas representaciones bidimensionales de la imagen a coordenadas tridimensionales del mundo real.

### Visión Estereoscópica

La visión estereoscópica es el método para obtener una percepción tridimensional utilizando pares de imágenes tomadas desde diferentes ángulos.

Por eso Sanz-Ablanedo et al., (2022) añade que este principio permite crear una representación tridimensional del objeto al analizar diferencias en las imágenes obtenidas desde perspectivas ligeramente diferentes. Es fundamental para calcular distancias y volúmenes

Por lo tanto, es el proceso por el cual el cerebro combina dos imágenes ligeramente diferentes de un objeto, tomadas desde dos ángulos diferentes, para crear una percepción de profundidad. Este proceso es similar al funcionamiento de nuestros propios ojos, donde cada ojo ve una imagen diferente debido a la separación entre ellos, lo que permite al cerebro fusionar estas imágenes en una percepción tridimensional.

### Corrección de Distorsiones

La corrección de distorsiones se refiere a técnicas utilizadas para corregir las aberraciones ópticas presentes en una imagen capturada por una cámara. Estas distorsiones pueden causar que las imágenes se vean deformadas, afectando la precisión y la calidad de las visualizaciones.

Se trata de identificar y corregir errores como las distorsiones radiales y tangenciales para mejorar la precisión de las mediciones fotogramétricas (Jiang et al., 2020).

Es decir, la corrección de distorsiones se refiere a ajustar errores ópticos y geométricos en las imágenes fotográficas. Las distorsiones más comunes incluyen distorsión radial y distorsión tangencial.

· **Distorsión Radial:** comprende la de barril y la almohadilla

**Distorsión de Barril:** Las líneas rectas que deberían ser paralelas se curvan hacia afuera desde el centro de la imagen. Este tipo de distorsión se observa a menudo en lentes gran angulares.

**Distorsión de Almohadilla:** Las líneas rectas se curvan hacia adentro, formando un patrón de almohadilla alrededor del centro de la imagen. Este tipo es más común en lentes telefoto.

· **Distorsión Tangencial ;** comprende las desviaciones en el alineamiento

**Desviaciones en el Alineamiento:** Ocurre cuando la lente no está perfectamente alineada con el sensor de la cámara, provocando una deformación asimétrica en las imágenes.

### Herramientas de Fotogrametría

Las herramientas de fotogrametría son fundamentales para convertir imágenes bidimensionales en representaciones tridimensionales precisas. Estas herramientas no solo facilitan la creación de modelos 3D, sino que también permiten realizar análisis precisos y obtener medidas exactas de objetos y paisajes. La precisión y eficiencia de estas herramientas son cruciales en aplicaciones como la ingeniería civil, la planificación urbana, la arqueología y la inspección de estructuras

Las herramientas de fotogrametría son fundamentales para convertir imágenes bidimensionales en modelos tridimensionales precisos, lo que es esencial para una variedad de aplicaciones prácticas. Luhmann et al. (2014) destacan que "la fotogrametría moderna permite la creación de modelos tridimensionales detallados que son utilizados en campos como la ingeniería, la arqueología y la agricultura" (p. 4)

### Software de Fotogrametría

· **RealityCapture** es un software de fotogrametría y escaneo 3D con capacidades avanzadas de procesamiento permite la creación de modelos 3D, procesamiento de imágenes y escaneos, generación de texturas.

· **DroneDeploy** es un tipo de software basado en la nube para la planificación de vuelos de drones y procesamiento de datos. Además permite la planificación de misiones, generación de ortofotos, análisis de datos.

· **Colmap;** software de fotogrametría de código abierto para la reconstrucción 3D a partir de imágenes. Permite al usuario la reconstrucción 3D, emparejamiento de imágenes, modelado fotogramétrico.

**Argosoft Metashape** este software nos permite crear modelados 3D a partir de la obtención de fotografías este software permite crear y obtener resultados de alta calidad y a su vez precisos y detallados, siendo actualmente uno de los mas usados en términos de fotogrametría.

### Equipos de Fotogrametría

Los equipos de fotogrametría se dividen en tres categorías principales: cámaras fotográficas, drones fotogramétricos y escáneres 3D. Cada uno de estos equipos cumple una función específica en el proceso de captura de imágenes y datos para la creación de modelos tridimensionales.

**Cámaras DSLR ;** son cámaras digitales de lentes intercambiables para capturar imágenes de alta calidad, destaca su alta resolución, control manual de parámetros fotográficos, versatilidad de lentes.

Los drones fotogramétricos están equipados con cámaras especializadas para capturar imágenes aéreas, lo que permite cubrir grandes áreas y obtener vistas detalladas desde diferentes ángulos.

**DJI Phantom 4 RTK:** es un dron diseñado específicamente para aplicaciones de fotogrametría, con una cámara de alta resolución y capacidades de RTK (Real-Time Kinematic) para mejorar la precisión de los datos.

DJI Mavic 3 Enterprise: es un dron avanzado que ofrece opciones para la captura de imágenes fotogramétricas de alta calidad y análisis en campo posee un sensor CMOS de 4/3, hasta 45 minutos de tiempo de vuelo, y capacidad de carga para equipos adicionales.

Después de detallar las herramientas de la fotogrametría se puede decir que los equipos de fotogrametría son herramientas esenciales para la captura y análisis de datos visuales tridimensionales.

Desde cámaras fotográficas avanzadas hasta drones especializados y escáneres 3D de alta precisión, cada equipo juega un rol crucial en la creación de modelos 3D detallados y en la realización de diversas aplicaciones profesionales. La elección del equipo adecuado depende de las necesidades específicas del proyecto y del campo de aplicación, y un entendimiento profundo de sus características y capacidades permite a los profesionales aprovechar al máximo estas herramientas para lograr resultados precisos y eficientes.

No obstante, es importante mencionar que la fotogrametría ofrece una serie de ventajas significativas que la hacen una metodología preferida para la obtención de cartografía y otros datos geoespaciales. A continuación, se detallan estas ventajas

La fotogrametría es una técnica altamente eficiente en términos de costos y tiempo. Según Karras y Petsa (2019), "la fotogrametría ofrece una solución rentable para la documentación y análisis de sitios arqueológicos y patrimoniales, ya que reduce los costos de campo y acelera el proceso de captura de datos" (p. 122)

Es decir la fotogrametría permite cubrir grandes áreas rápidamente con un esfuerzo relativamente menor en comparación con las técnicas topográficas tradicionales.

Creación de Modelos 3D Detallados : permite la creación de modelos tridimensionales precisos que se pueden usar para diversas aplicaciones, desde estudios arqueológicos hasta planificación urbana.

La generación de modelos 3D y herramientas de visualización avanzadas son características destacadas de la fotogrametría. Westoby et al. (2020) afirman que "la foto-

grametría permite la creación de modelos tridimensionales detallados que pueden ser utilizados para análisis visual, simulaciones y presentaciones interactivas". Esta capacidad es crucial para una mejor comprensión y comunicación de los datos geoespaciales.

Documentación y Archivo de Datos: proporciona un registro visual detallado que se puede archivar y consultar en el futuro. Las imágenes capturadas pueden ser almacenadas y revisadas en cualquier momento,

Por lo tanto, la fotogrametría aérea puede cubrir grandes superficies rápidamente en comparación con métodos de levantamiento en el terreno, así mismo genera modelos 3D a partir de imágenes bidimensionales, proporcionando representaciones detalladas que son útiles para análisis visual y simulaciones.

Precisión y Detalle: permite capturar detalles precisos del terreno y de las estructuras, lo que resulta en mapas detallados y precisos.

Captura Rápida de Grandes Áreas : permite capturar grandes áreas o volúmenes en un corto periodo de tiempo, lo cual es eficiente para proyectos extensos.

Por otro lado la fotogrametría ha evolucionado significativamente desde sus inicios en el siglo XIX, cuando se basaba en fotografías aéreas capturadas con globos aerostáticos. Hoy en día, esta técnica se ha beneficiado de avances tecnológicos como el uso de drones equipados con cámaras de alta resolución y software de procesamiento de imágenes. La combinación de hardware avanzado y algoritmos computacionales sofisticados permite la generación de modelos 3D con una precisión sin precedentes. Según (Luhmann et al. 2014), la evolución de la fotogrametría moderna ha sido impulsada por "el desarrollo de cámaras digitales, sensores LiDAR y técnicas de procesamiento de imágenes automáticas". Esta evolución ha facilitado su aplicación en campos como la arquitectura, la ingeniería civil y la arqueología.

Así mismo existen dos tipos principales de fotogrametría: la aérea y la terrestre. La fotogrametría aérea, como se mencionó anteriormente, es ideal para la captura de grandes áreas y terrenos. En el contexto de la conservación del patrimonio, es especialmente útil para la documentación de sitios

arqueológicos, ciudades antiguas y estructuras monumentales. La fotogrametría terrestre, por otro lado, es más adecuada para la captura detallada de edificaciones individuales, incluyendo interiores y fachadas. Ambas técnicas permiten la creación de ortomosaicos y modelos 3D que pueden ser utilizados para el análisis y conservación del patrimonio arquitectónico.

El uso de fotogrametría en la conservación del patrimonio ofrece numerosos beneficios, entre los que destacan la precisión y la eficiencia en la captura de datos. La capacidad de generar modelos tridimensionales a partir de fotografías permite a los conservacionistas analizar detalles arquitectónicos complejos, evaluar daños estructurales y planificar intervenciones con un alto grado de exactitud. Según (Westoby et al. 2020), "la fotogrametría proporciona una representación visual precisa del objeto de estudio, lo que permite su análisis y restauración sin contacto físico". Esto es crucial para preservar la integridad de estructuras históricas frágiles.

Igualmente el impacto de la fotogrametría en la preservación del patrimonio arquitectónico ha sido profundo, permitiendo la creación de registros digitales permanentes de edificios históricos y monumentos. Esta técnica facilita no solo la conservación física, sino también la difusión del patrimonio a través de plataformas digitales, lo que aumenta el acceso y la conciencia pública sobre la importancia de estos bienes culturales. De acuerdo con (Franco et al. 2020), "la fotogrametría ha revolucionado el acceso a la información sobre el patrimonio cultural, proporcionando una representación tridimensional precisa que puede ser compartida y estudiada globalmente".

Además, los modelos tridimensionales creados a partir de la fotogrametría pueden ser utilizados en programas educativos, exposiciones virtuales y como base para la investigación científica.

Otra de las aplicaciones emergentes de la fotogrametría es su uso en la gestión de bienes patrimoniales en riesgo. En áreas propensas a desastres naturales como terremotos o inundaciones, la fotogrametría se ha utilizado para crear mapas y modelos detallados que ayudan a evaluar daños y planificar restauraciones. De acuerdo con (Müller 2019), "los modelos 3D generados antes y después de un desastre natural proporcionan una comparación visual clara, permitiendo

a los expertos evaluar con precisión los daños y tomar decisiones informadas sobre las reparaciones necesarias". Esto es especialmente útil en regiones donde el patrimonio arquitectónico es vulnerable a fenómenos naturales, permitiendo la creación de planes de contingencia basados en datos precisos.

Además de su uso en la restauración de edificios dañados, la fotogrametría también juega un papel crucial en la conservación preventiva. Al generar modelos 3D detallados, los conservacionistas pueden monitorear el estado de las estructuras a lo largo del tiempo, detectando problemas como grietas, erosión o deformaciones antes de que estos se conviertan en una amenaza significativa. Como señalan (Hughes et al. 2020), "la capacidad de la fotogrametría para realizar un seguimiento preciso de los cambios en la estructura de un edificio permite la implementación de medidas preventivas, reduciendo la necesidad de intervenciones más costosas en el futuro". Este enfoque pro activo es fundamental para la gestión sostenible del patrimonio, asegurando su preservación para las generaciones futuras.

Así mismo la integración de la fotogrametría con tecnologías emergentes como la realidad virtual (VR) ha abierto nuevas posibilidades para la interacción con el patrimonio arquitectónico. Los modelos fotogramétricos pueden ser transformados en entornos inmersivos donde los usuarios pueden "visitar" edificios históricos o sitios patrimoniales de forma virtual, incluso si estos han sido dañados o están en áreas de difícil acceso. Según (López y García 2021), "la combinación de fotogrametría y realidad virtual permite una experiencia interactiva única, donde los visitantes pueden explorar detalles arquitectónicos que serían imposibles de apreciar en la vida real". Esta tecnología no solo es valiosa para el público general, sino también para los conservadores y arquitectos, quienes pueden planificar intervenciones restaurativas de manera más precisa al interactuar con estos modelos virtuales.

En ese sentido la fotogrametría no solo es una herramienta independiente, sino que puede integrarse con otras tecnologías avanzadas como el escaneo láser 3D y el Building Information Modeling (BIM). Esta combinación permite una documentación más completa y precisa de los edificios históricos, facilitando su conservación y restauración. Por ejemplo, el uso de escáneres LIDAR junto con la fotogrametría mejora

la precisión de los modelos generados, ya que combina la captura de datos en tiempo real con la resolución fotográfica. (Según Remondino y El-Hakim 2018), "la integración de múltiples tecnologías de captura de datos, como el escaneo láser y la fotogrametría, permite una representación detallada y precisa del patrimonio arquitectónico, lo que es clave para su conservación a largo plazo".

Es por ello que, la conservación del patrimonio arquitectónico es mucho más que un simple acto de preservación física; es la salvaguardia de la identidad cultural, histórica y social de las comunidades, un testimonio tangible de la evolución de las sociedades a lo largo del tiempo. En este contexto, la fotogrametría ha emergido como una herramienta clave para la documentación precisa y exhaustiva de las estructuras históricas, presentando una serie de ventajas respecto a los métodos tradicionales de medición y registro. La precisión y la capacidad de esta tecnología para generar modelos tridimensionales detallados han transformado los procesos de restauración y conservación del patrimonio arquitectónico, aportando un nivel de detalle y exactitud que antes era inalcanzable.

Uno de los principales beneficios de la fotogrametría es su capacidad para registrar y documentar elementos arquitectónicos complejos y ornamentales, que en muchos casos serían difíciles o imposibles de capturar con métodos convencionales. Por ejemplo, en la restauración de la Alhambra, un conjunto monumental de gran complejidad decorativa, la fotogrametría ha sido fundamental para registrar la geometría precisa de sus detalles arquitectónicos, permitiendo una restauración mucho más fiel a la originalidad de la estructura. Esto se debe a que la fotogrametría no solo captura la forma y las dimensiones, sino también los detalles de la textura y los materiales, proporcionando información clave para los expertos en restauración (Boehm y Remondino, 2019).

A diferencia de otros métodos más invasivos, la fotogrametría ofrece la ventaja de ser un proceso no intrusivo. Esto es especialmente importante en el contexto de la conservación del patrimonio, donde el contacto físico directo con las estructuras delicadas puede resultar en daños adicionales. La fotogrametría permite realizar un levantamiento completo sin necesidad de tocar la estructura, lo que protege la integridad física del edificio. Además, esta

técnica permite capturar imágenes y datos desde ángulos que serían inaccesibles de otra manera, como en las partes más elevadas o áreas de difícil acceso (Turner et al., 2018).

Otra de las ventajas significativas de la fotogrametría es su eficiencia en la documentación de grandes áreas en poco tiempo. Equipos modernos como drones equipados con cámaras de alta resolución permiten capturar imágenes detalladas de extensas superficies desde múltiples ángulos en un solo vuelo, lo que reduce considerablemente el tiempo de trabajo en campo. Este aspecto es crucial en proyectos de conservación de gran envergadura, como los que implican la restauración de centros históricos o complejos monumentales. Los modelos tridimensionales generados a partir de estas imágenes no solo son útiles para la restauración, sino que también facilitan el análisis estructural y la planificación de intervenciones futuras. Por ejemplo, en el caso de la conservación de la Torre de la Calahorra en Elche, la fotogrametría permitió la generación de modelos tridimensionales detallados que ayudaron a los expertos a identificar áreas de deterioro estructural y a planificar con precisión las intervenciones necesarias para su restauración (Rizzi et al., 2019).

La precisión de los modelos generados por la fotogrametría es tal que permite detectar problemas que no serían visibles a simple vista. Gracias a la capacidad de esta tecnología para generar representaciones tridimensionales a partir de múltiples imágenes tomadas desde distintos ángulos, es posible analizar en detalle cada componente de la estructura, identificar grietas, deformaciones o problemas de estabilidad que pueden comprometer la integridad del edificio a largo plazo. Esto no solo mejora la efectividad de las intervenciones, sino que también permite anticipar problemas futuros y desarrollar planes de conservación más sólidos y sostenibles (Rizzi et al., 2019).

Más allá de su uso en la restauración física de las estructuras, la fotogrametría también juega un papel importante en la difusión y promoción del patrimonio arquitectónico. Los modelos tridimensionales generados pueden ser utilizados para crear recorridos virtuales y simulaciones, lo que permite a los visitantes interactuar con el patrimonio de una manera inmersiva sin necesidad de estar físicamente presentes. Esto



no solo contribuye a la sensibilización y educación sobre la importancia del patrimonio, sino que también puede ser una herramienta valiosa en el ámbito del turismo cultural, atrayendo a un público más amplio y generando ingresos que pueden ser reinvertidos en la conservación de los sitios patrimoniales.

Además, la fotogrametría ofrece una ventaja adicional en términos de sostenibilidad. Los modelos digitales creados a partir de esta tecnología pueden ser almacenados y consultados en el futuro, lo que garantiza que la información sobre el estado de conservación de un edificio esté siempre disponible para futuras generaciones de restauradores e investigadores. Esto es especialmente útil en casos donde las estructuras pueden sufrir daños inesperados, como desastres naturales, ya que los modelos previos al daño pueden ser utilizados como referencia para su reconstrucción.

La fotogrametría ha revolucionado la forma en que se documenta y conserva el patrimonio arquitectónico. Su capacidad para generar modelos tridimensionales precisos, su enfoque no invasivo y su eficiencia en la captura de grandes áreas la convierten en una herramienta invaluable para la preservación de la historia y la cultura arquitectónica de las sociedades. A medida que esta tecnología continúa avanzando, su papel en la conservación del patrimonio seguirá consolidándose, garantizando que las futuras generaciones puedan seguir disfrutando de estos tesoros arquitectónicos en todo su esplendor.

La fotogrametría ha emergido como una herramienta indispensable para la conservación del patrimonio arquitectónico, representando el futuro de esta disciplina debido a sus múltiples ventajas y aplicaciones en la preservación de la herencia cultural. En un mundo donde el patrimonio arquitectónico enfrenta constantes amenazas, como el deterioro natural, los desastres climáticos, y la expansión urbana, la fotogrametría ofrece una solución tecnológica que no solo facilita la documentación precisa de los edificios históricos, sino que también permite su restauración y análisis con una exactitud sin precedentes.

Uno de los aspectos más importantes de la fotogrametría es su capacidad para generar modelos tridimensionales

detallados y precisos de cualquier estructura patrimonial. Este proceso no solo asegura la captura de dimensiones exactas, sino que también permite analizar elementos arquitectónicos con un alto nivel de detalle, lo que es crucial para la restauración de componentes ornamentales y complejos que, de otro modo, serían difíciles de documentar mediante técnicas tradicionales (Turner et al., 2018). Además, estos modelos 3D se pueden archivar y conservar indefinidamente, lo que asegura que las futuras generaciones tengan acceso a registros detallados, incluso si el edificio original sufre daños irreparables.

La Alhambra en España, donde esta tecnología fue utilizada para registrar con precisión las formas y los detalles decorativos del conjunto monumental. Gracias a la fotogrametría, los restauradores pudieron generar modelos tridimensionales que facilitaron una restauración fiel a los elementos originales, preservando su autenticidad (Boehm Remondino, 2019). La capacidad de la fotogrametría para capturar información tanto métrica como visual de un edificio la convierte en una herramienta fundamental para asegurar la autenticidad de los procesos de conservación.

Otra ventaja significativa de la fotogrametría es su enfoque no invasivo. A diferencia de otras técnicas que requieren la manipulación directa de los materiales de la estructura, la fotogrametría permite realizar un levantamiento completo sin necesidad de contacto físico con el edificio, lo que reduce el riesgo de deterioro adicional. Esto es especialmente valioso cuando se trabaja con estructuras frágiles o en mal estado de conservación. En estos casos, la fotogrametría protege el patrimonio mientras se captura la información necesaria para su restauración (Remondino et al., 2018).

Además de su precisión, la fotogrametría se destaca por su eficiencia en la captura de datos. Mediante el uso de drones equipados con cámaras de alta resolución, es posible realizar levantamientos fotográficos desde múltiples ángulos en un tiempo relativamente corto. Esto no solo permite obtener una documentación completa del edificio, sino que también facilita la detección de problemas estructurales que no serían visibles a simple vista, lo que permite a los expertos intervenir de manera oportuna y prevenir daños mayores (Rizzi et al., 2019). Esta capacidad

para identificar y analizar problemas estructurales hace de la fotogrametría una herramienta clave para la planificación de intervenciones de conservación a largo plazo.

El impacto de la fotogrametría no solo se limita a la restauración física de los edificios, sino que también ofrece una valiosa contribución a la educación y difusión del patrimonio arquitectónico. Los modelos tridimensionales generados mediante esta tecnología pueden ser utilizados para crear recorridos virtuales y experiencias interactivas, lo que permite a los usuarios interactuar con el patrimonio de una manera inmersiva sin necesidad de estar físicamente presentes en el sitio. Este aspecto es particularmente relevante en el contexto actual, donde las herramientas digitales juegan un papel cada vez más importante en la promoción y conservación del patrimonio (Westoby et al., 2020).

Asimismo, la capacidad de la fotogrametría para capturar y almacenar grandes cantidades de información visual permite que los registros sean accesibles para futuras generaciones, lo que garantiza la preservación del conocimiento sobre estos sitios históricos. En este sentido, la fotogrametría no solo contribuye a la conservación del patrimonio material, sino que también desempeña un papel crucial en la transmisión del conocimiento cultural a través del tiempo (Luhmann et al., 2014).

La fotogrametría representa el futuro de la conservación del patrimonio arquitectónico, gracias a su capacidad para generar modelos tridimensionales detallados, su enfoque no invasivo y su eficiencia en la captura de datos. Esta tecnología ha demostrado ser una herramienta invaluable en la preservación del patrimonio, permitiendo a los expertos intervenir con mayor precisión y cuidado, mientras garantiza que las generaciones futuras tengan acceso a registros detallados y fieles de su herencia cultural. A medida que la fotogrametría continúa evolucionando, es probable que su papel en la conservación del patrimonio se consolide aún más, estableciéndose como una de las técnicas más importantes en la protección de nuestra historia arquitectónica.

## Marco Legal

Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (UNESCO, 1972)

### Convención del Patrimonio Mundial:

Artículo 4: Los Estados Partes deben asegurar la identificación, protección, conservación, presentación y transmisión a las futuras generaciones del patrimonio cultural y natural, donde la fotogrametría es una herramienta clave para la documentación precisa.

Artículo 5: Los Estados Partes deben adoptar una política de protección y una metodología científica para la conservación del patrimonio, apoyando el uso de técnicas avanzadas como la fotogrametría.

### Carta de Venecia (1964)

Principios de Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios:

Artículo 2: La conservación y restauración de monumentos debe estar basada en el respeto a la sustancia original y a los documentos auténticos.

Artículo 3: Las técnicas modernas de conservación y restauración deben utilizarse para garantizar la durabilidad de los monumentos, sin alterar su carácter original.

Artículo 6: La conservación de monumentos implica mantener un entorno apropiado. Los estudios fotogramétricos y la documentación precisa ayudan a garantizar que cualquier intervención respete el entorno histórico y arquitectónico.

### Carta de Burra (1979, revisada en 2013)

Directrices para la Conservación del Patrimonio de Lugares de Significado Cultural:

Artículo 1.14: La conservación debe ser un proceso de ges-

ción continua, basado en el conocimiento detallado y documentado del lugar, lo cual puede lograrse mediante el uso de fotogrametría.

Artículo 4: Las decisiones sobre conservación deben basarse en una comprensión detallada del lugar, lo cual requiere documentación precisa y completa, como la proporcionada por la fotogrametría.

Artículo 26: La conservación debe incluir la gestión de los riesgos para los valores del lugar, lo cual implica la necesidad de monitoreo continuo y la creación de registros precisos.

### **Ley Orgánica de Cultura**

La Ley Orgánica de Cultura establece un marco normativo crucial para la preservación del patrimonio cultural en Ecuador. En particular, el Art. 15 establece que las municipalidades de ciudades con centros históricos o edificaciones con características arquitectónicas valiosas deben dictar ordenanzas o reglamentos para proteger dichos bienes. Esta normativa es relevante para la fotogrametría en edificaciones patrimoniales, ya que garantiza que cualquier intervención en estos sitios sea autorizada por el Instituto de Patrimonio Cultural, asegurando que la documentación y conservación sean llevadas a cabo con altos estándares y respetando las características originales de las estructuras.

### **Ley de Patrimonio Cultural**

La Ley de Patrimonio Cultural también es aplicable, especialmente el Art. 13, que prohíbe realizar reparaciones, restauraciones o modificaciones en bienes patrimoniales sin previa autorización del Instituto. Esto implica que cualquier levantamiento fotogramétrico debe ser coordinado y aprobado por las autoridades competentes para asegurar que no se alteren las características originales de las edificaciones patrimoniales.

### **Reglamento General a la Ley Orgánica de Cultura**

El Decreto Ejecutivo 1428, específicamente el Art. 264, otorga a los gobiernos municipales la competencia exclusi-

va para preservar, mantener y difundir el patrimonio arquitectónico, cultural y natural del cantón. Esto significa que las municipalidades deben implementar y supervisar el uso de tecnologías como la fotogrametría para la documentación y conservación de edificaciones patrimoniales, garantizando así su protección y mantenimiento adecuados.

### **Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo**

Esta ley, a través del Oficio No. SAN-2016-1196, menciona en el Art. 31 que las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y sus espacios públicos, enfatizando la función social y ambiental de la propiedad urbana. La fotogrametría juega un papel importante en este contexto al permitir una documentación precisa y detallada de los espacios urbanos, facilitando la gestión democrática y sostenible de las ciudades y su patrimonio.

### **Ordenanza 62 de Creación del Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural del Cantón Latacunga**

Esta ordenanza, en consonancia con la Ley de Patrimonio Cultural, subraya la importancia de conservar la estructura vernácula de las construcciones catalogadas como patrimonio cultural. Establece la necesidad de normativas locales para la protección de bienes arquitectónicos, lo cual es esencial para la implementación de proyectos de fotogrametría que buscan preservar y difundir el valor histórico de estas edificaciones.

### **Marco legal para el uso de un dron**

En Ecuador, el marco legal para el uso de drones está regulado principalmente por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), que emitió el Reglamento de Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs) en noviembre de 2020. Este reglamento establece las normas para la operación segura y responsable de drones, tanto a nivel recreativo como comercial.

Artículo 2 - Aplicabilidad Este artículo establece que las operaciones de aeronaves pilotadas a distancia (RPAs) utilizadas para actividades civiles y cuyo peso máximo de despe-

que sea superior a 0,25 kg, pero menor o igual a 150 kg, están reguladas por el presente reglamento. También indica que las aeronaves con un peso superior a 150 kg no podrán operar sin permisos especiales.

Artículo 4 - Operaciones de trabajos aéreos Este artículo menciona que las operaciones de drones para trabajos aéreos, como fotografía o levantamientos topográficos, deben contar con un permiso de operación emitido por la DGAC, ajustándose a la normativa vigente.

Artículo 7 - Operación negligente o temeraria Prohíbe operar drones de manera que pongan en peligro la seguridad de las personas, propiedades o la fauna. En caso de que se detecte un riesgo, el operador debe suspender el vuelo.

Artículo 17 - Altura máxima de vuelo Establece que los drones no pueden volar a una altura mayor de 400 pies (122 metros) sobre el nivel del terreno.

Artículo 19 - Actividades previas al vuelo Requiere que antes de cada vuelo, el operador inspeccione el área y el dron para garantizar que el vuelo se pueda realizar de manera segura.

Artículo 22 - Prohibición de transportar Se prohíbe que los drones transporten mercancías peligrosas o cualquier material que pueda representar un riesgo para las personas, animales o propiedades.

Artículo 25 - Registro Los propietarios de drones utilizados para trabajos aéreos cuyo peso máximo de despegue sea igual o superior a 0,5 kg y hasta 150 kg deben registrar su aeronave ante la DGAC.

Artículo 27 - Accidente o incidente En caso de accidente, incidente o pérdida de un dron, el propietario u operador tiene un plazo de 48 horas para informar a la DGAC.

Estos artículos son esenciales para asegurar que el uso de drones para la Fotogrametría en el patrimonio edificado.

Figura 10.  
Iglesia, Hacienda Tilipulo.





# CAPÍTULO 3

# CAPÍTULO 3

## Marco Metodológico

### Línea:

Teoría, crítica y Patrimonio Cultural (EPAC, Estudio de Patrimonio y Cultura)

Plantea el estudio y conservación del Patrimonio Cultural de la humanidad, material e inmaterial, lo tangible que engloba los bienes muebles e inmuebles. Del mismo modo, busca comprender lo intangible que abarca el lenguaje, costumbres y tradiciones de las culturas.

### Sub-línea:

Conservación e interpretación del patrimonio cultural.

### Enfoque:

La conservación del patrimonio mediante la fotogrametría tiene un enfoque cualitativo porque se centra en la comprensión detallada y descriptiva de las características y condiciones del patrimonio.

### Nivel de Investigación:

La investigación de la conservación del patrimonio mediante fotogrametría tiene un nivel exploratorio y descriptivo debido a varios factores que permiten un mejor entendimiento del objeto de estudio; Aunque la fotogrametría es una técnica establecida en diversos campos, su aplicación específica en la conservación de edificios patrimoniales puede ser relativamente nueva. La exploración de cómo estas técnicas pueden adaptarse o modificarse para satisfacer las necesidades únicas de la conservación patrimonial significa que hay mucho que descubrir y comprender.

La investigación descriptiva en el contexto de la fotogrametría aplicada a edificios patrimoniales se centra en la documentación y el análisis de estos bienes, sin intervenir en ellos o modificar variables, proporcionando una base crítica para esfuerzos de conservación y estudios más avanzados en el futuro.

### Tipo de investigación:

En este contexto, la fotogrametría se ha consolidado como una herramienta esencial que permite documentar y conservar el patrimonio de manera precisa y detallada. La investigación en este campo se distingue por estar orientada tanto por su propósito práctico por su nivel de profundidad,

lo que asegura que los resultados obtenidos sean aplicable y replicables en diferentes contextos.

## Técnicas de Recolección:

### **1. Objetivo Identificar la metodología para la aplicación de fotogrametría mediante aplicación de entrevistas a especialistas.**

#### Técnicas:

Para lograr esto, se propone utilizar una serie de técnicas cualitativas, destacando las entrevistas a especialistas en el campo. A continuación, se describe el proceso y las técnicas específicas que se emplearán para alcanzar este objetivo.

Se seleccionarán especialistas en fotogrametría y conservación del patrimonio basándose en su experiencia, publicaciones y reconocimiento en el campo. Este grupo incluirá académicos, profesionales en ejercicio y técnicos con experiencia práctica en proyectos de conservación y fotogrametría mediante el uso de drones UAVS.

#### Instrumentos:

Se elaborará una guía de entrevista semiestructurada que permita explorar en profundidad las experiencias y conocimientos de los especialistas. Los temas abordarán aspectos técnicos de la fotogrametría, mejores prácticas, desafíos y recomendaciones para su aplicación en la conservación del patrimonio, este guión semi estructurado permitira realizar un conversatorio mas amplio.

Se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas, permitiendo a los entrevistados compartir sus experiencias y conocimientos en un formato flexible pero enfocado. Esto asegurará que se cubran todos los temas relevantes.

### **2. Analizar la aplicación de fotogrametría en casos de estudio correspondientes a edificaciones patrimoniales mediante una búsqueda documental.**

#### Técnicas:

Se puede abordar empleando una serie de técnicas específicas que aseguren una investigación adecuada. La revisión bibliográfica consiste en la recopilación y análisis crítico de los documentos existentes sobre la aplicación de fotogrametría en el patrimonio. Esta técnica permite localizar y revisar investigaciones y publicaciones relevantes que aborden casos de uso de fotogrametría en edificaciones patrimoniales. Definir los conceptos y teorías clave que sustentan el uso de la fotogrametría en la conservación del patrimonio y reconocer las tendencias actuales en la investigación y cualquier brecha en el conocimiento que pueda ser abordada por el estudio.

El análisis de casos de estudio es una técnica cualitativa que permite examinar en profundidad instancias específicas de aplicación de fotogrametría. Elegir edificaciones patrimoniales que hayan sido documentadas utilizando fotogrametría.

Documentar las características de cada caso como la técnicas fotogramétricas empleadas y comparar los resultados y metodologías entre los diferentes casos de estudio para identificar patrones, diferencias y mejores prácticas; el análisis documental implica la revisión de documentos, informes y registros relacionados con los casos de estudio seleccionados. Esta técnica permite obtener información detallada sobre los proyectos de conservación, los procesos de fotogrametría utilizados y los resultados obtenidos.

#### Instrumentos:

En la investigación sobre la fotogrametría aplicada a la conservación del patrimonio edificado, la organización y sistematización de la información son cruciales para garantizar la solidez y coherencia del estudio. La recolección de información obtenida de la revisión bibliográfica en fichas bibliográficas se presenta como una estrategia altamente factible y beneficiosa por diversas razones.

El uso de fichas bibliográficas permite una organización clara y sistemática de las fuentes consultadas. Cada ficha



contiene datos esenciales como el autor, título, fecha de publicación, y un resumen de los puntos clave del documento.

Tener la información organizada en fichas permite a los investigadores acceder rápidamente a los datos necesarios, sin tener que revisar repetidamente los documentos completos. Durante la redacción del informe de investigación, las fichas bibliográficas proporcionan una referencia rápida y eficiente, ahorrando tiempo y esfuerzo al citar fuentes.

### **3. Implementar los criterios de fotogrametría en la hacienda Tilipulo mediante una guía técnica de aplicación.**

#### **Técnicas:**

La implementación de las entrevistas a especialistas en el campo, permite tener una idea clara de como podemos aplicar la fotogrametría paso a paso para la conservación de las edificaciones patrimoniales.

La experiencia y aplicación de la fotogrametría nos ayuda a proporcionar un lenguaje menos técnico para la comprensión de la guía.

#### **Instrumentos:**

La Hacienda Tilipulo, con su rica historia y valor arquitectónico, representa un tesoro patrimonial que merece ser conservado y documentado con precisión. En este contexto, la fotogrametría emerge como una herramienta indispensable para alcanzar estos objetivos.

Sin embargo, la efectividad de su aplicación depende en gran medida de la disponibilidad de una guía técnica clara y accesible. La creación de una guía digital para implementar los criterios de fotogrametría en la Hacienda Tilipulo es pertinente por varias razones fundamentales.

Una guía digital garantiza que la información sobre los métodos y criterios de fotogrametría esté disponible de manera amplia y accesible. Esto es especialmente importante en un mundo cada vez más digitalizado, donde la disponibilidad de recursos en línea puede facilitar el acceso a técnicas avanzadas de conservación a un público más amplio, inclu-


yendo estudiantes, investigadores y profesionales de la conservación del patrimonio. La facilidad de acceso a una guía digital puede fomentar el aprendizaje y la adopción de estas técnicas en otros proyectos patrimoniales.

**Figura 11.**  
Patio posterior, Hacienda Tilipulo.





# CAPÍTULO 4

A DJI Air Mavic 2S drone is shown in flight, positioned in front of a classical stone building facade. The drone is a compact, foldable quadcopter with a camera mounted on the front. The background features a large, ornate stone column and a decorative capital. The lighting is bright, suggesting a sunny day.

**Figura 12.**  
Vuelo con Drone, DJI Air Mavic 2S.

# CAPÍTULO 4

## Aplicación De Metodología

En el campo del levantamiento arquitectónico, la precisión y fidelidad en la representación de estructuras patrimoniales son cruciales. Con la evolución tecnológica, los métodos tradicionales han dado paso a técnicas avanzadas que prometen mejorar la eficiencia y exactitud de estos procesos.

Dentro de estas nuevas técnicas, la fotogrametría se destaca como una herramienta revolucionaria. Este capítulo se dedica a explorar los instrumentos específicos empleados para el levantamiento de información que aporte con la guía de aplicación de la fotogrametría. A través de un análisis detallado, se demostrará cómo la integración de tecnologías modernas puede superar las limitaciones de los métodos antiguos y abrir nuevas posibilidades para la conservación y estudio del patrimonio edificado.

## APLICACIÓN DEL OBJETIVO 1 ENTREVISTAS SEMI ESTRUCTURADAS APLICADAS

**TABLA 1.**  
Perfil Arq. Omar Delgado



PERFIL DEL ENTREVISTADO

Arq. Omar Andres Delgado Pinos

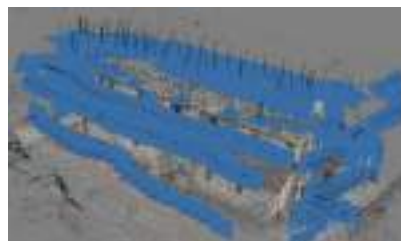
### Formación Académica

<b>Nivel Académico</b>	Arquitecto
<b>Institución</b>	Universidad del Azuay, Ecuador
<b>Detalles</b>	Título de grado en Arquitectura
<b>Nivel Académico</b>	Magíster en Arquitectura
<b>Institución</b>	Universidad del Azuay, Ecuador
<b>Detalles</b>	Especialización en Proyectos Arquitectónicos y Urbanos
<b>Especialidad</b>	
<b>Áreas de Especialización</b>	Documentación del Patrimonio, Fotogrametría Arquitectónica, Planificación Territorial, Plan de Uso y Gestión de Suelo, Urbanismo

**TABLA 2.**  
Proyectos del Arq. Omar Delgado

Proyecto	
<b>Nombre del Proyecto</b>	Técnicas de Documentación Geomática como Herramientas de Monitoreo para el Patrimonio Construido Rural en Nabón
<b>Descripción</b>	Estudio sobre la utilización de técnicas geomáticas para el monitoreo del patrimonio rural en Nabón
<b>Publicación</b>	ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2021)

Nube de Puntos Iglesia de Nabón



*Nota; Tomado de Collado, A., Heras, V., Rodas, P., Delgado, A., Carrión, C., Mora-Navarro, G., & Lerma, J.*

Proyecto	
<b>Nombre del Proyecto</b>	Modelo de Registro Fotogramétrico 2D y 3D del Patrimonio Edificado de Cuenca en un SIG
<b>Descripción</b>	Creación de modelos fotogramétricos y su integración en un Sistema de Información Geográfica
<b>Publicación</b>	Universitas (2020)

Fachada ortorrectificada en 2D, b) modelo tridimensional con textura, c) modelo tridimensional de puntos (TIN), d) impresión del modelo en 3D en mediante filamento plástico



Nota; Ochoa-Arias, P., O. Delgado-Pinos O.A. (2020).

### Proyectos

<b>Nombre del Proyecto</b>	Sistema de Información del Patrimonio para el Análisis Multiescalar del Sitio Patrimonio Mundial de Cuenca, Ecuador
<b>Descripción</b>	Desarrollo de un sistema de información patrimonial para la ciudad de Cuenca
<b>Evento</b>	9th International Congress & 3rd GEORES - Geomatics and Preservation (2021)

## Ejes y aportes entrevista Arq. Omar Delgado.

### Formación y Experiencia en Conservación del Patrimonio Edificado y Fotogrametría:

El entrevistado comenzó su trayectoria profesional en fotogrametría durante su tiempo en la universidad. Inició su incursión en este campo debido a proyectos universitarios que estaban detenidos, lo que lo llevó a investigar y aprender sobre fotogrametría. Ha estado involucrado en publicaciones sobre fotogrametría arquitectónica enfocada en patrimonio desde 2013 y ha trabajado en proyectos de modelamiento 3D de edificaciones en la ciudad patrimonial de Cuenca. La experiencia del entrevistado incluye el uso de tecnologías avanzadas como drones para mejorar la precisión y detalle en la documentación del patrimonio.

### Proyectos Significativos en Fotogrametría y Conservación Patrimonial:

Participación en la documentación y modelamiento 3D de edificaciones patrimoniales en Cuenca, lo cual llevó a la presentación en ponencias y la creación de impresiones 3D de estos modelos.

Documentación Patrimonial en el Cantón Nabón: Proyecto que incluyó la documentación de bienes patrimoniales materiales e inmateriales en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia. Este proyecto también abarcó la documentación de patrimonio natural y conocimientos ancestrales.

Actualmente se encuentra desarrollando al documentación de edificaciones patrimoniales que tenían relación con el Sombrero de Paja Toquilla: Documentación de edificaciones relacionadas con la manufacturación y venta del sombrero de paja toquilla, destacando la importancia del contexto histórico y cultural en la conservación del patrimonio.

Enfoque General en Proyectos de Fotogrametría para la Documentación de Edificaciones Patrimoniales

El enfoque general del entrevistado en proyectos de fotogrametría incluye:

Evaluación Inicial del Sitio: Identificación y análisis del sitio a documentar.

**Selección de Tecnología Adecuada:** Uso de drones y cámaras reflex para capturar detalles arquitectónicos desde diferentes ángulos y alturas.

**Colaboración y Metodología:** Trabajo en colaboración con expertos y uso de metodologías robustas para asegurar una documentación precisa y detallada.

### **Factores Considerados al Planificar la Ruta de Vuelo para la Captura de Imágenes en Proyectos de Conservación Patrimonial**

Ubicación del Bien Patrimonial: Identificación de la ubicación y evaluación de las restricciones de vuelo, especialmente en áreas urbanas cercanas a aeropuertos.

**Selección del Dron:** Elección del dron adecuado basado en las características del sitio y las restricciones de vuelo.

**Implantación de la Edificación:** Consideración de si la edificación es aislada o adosada, lo que afecta la planificación del vuelo y la captura de imágenes.

**Condiciones Climáticas y Horarios:** Planificación de los vuelos en condiciones climáticas favorables y en horarios con menos tráfico para evitar interrupciones y capturar imágenes de alta calidad.

**Desafíos en Áreas Urbanas:** Manejo de obstáculos como cables eléctricos y edificaciones adosadas, utilizando diferentes alturas y ángulos de captura.

### **Principales Beneficios Observados al Utilizar Fotogrametría para la Documentación del Patrimonio**

**Alta Precisión y Detalle:** La fotogrametría permite la creación de modelos 3D altamente precisos que son fundamentales para la documentación y conservación del patrimonio. Eficiencia y Costo-efectividad: Comparado con tecnologías más costosas como el láser escáner, la fotogrametría es una solución más accesible económicamente, ofreciendo resultados de alta calidad a un costo menor.

**Mejora en la Difusión y Accesibilidad:** La fotogrametría facilita la difusión de la información patrimonial a través de medios digitales, permitiendo a un público más amplio visualizar y comprender el patrimonio cultural.

### **Mejoras en el Trabajo de Conservación y Restauración Gracias a la Fotogrametría**

**Innovaciones Tecnológicas:** La llegada de drones y nuevas tecnologías ha permitido una documentación más precisa y detallada, mejorando significativamente los procesos de conservación y restauración.

La documentación detallada y precisa del patrimonio edificado se utiliza para influir en la toma de decisiones y la generación de políticas públicas, asegurando la protección y preservación del patrimonio cultural.

### **Conclusión**

Las respuestas del experto destacan la importancia de la fotogrametría en la conservación del patrimonio edificado, subrayando cómo esta tecnología ha evolucionado para ofrecer una documentación precisa, eficiente y accesible. La integración de la fotogrametría en la planificación y toma de decisiones es crucial para maximizar su impacto y garantizar la protección del patrimonio cultural a largo plazo.

### **Final**

**TABLA 3.**  
Perfil Arq. Carlos Campoverde



PERFIL DEL ENTREVISTADO

Arq. Carlos David Campoverde Sánchez

**Formación Académica**

**Nivel Académico** Arquitecto

**Institución** Universidad Central del Ecuador

**Detalles** Título de grado en Arquitectura

**Nivel Académico** Magíster en Arquitectura Gestión y Valoración urbana

**Institución** Universitat Politècnica de Catalunya

**Detalles** Especialización en Proyectos Arquitectónicos y Urbanos

**Especialidad**

**Áreas de Especialización** Arquitecto Urbanista con experiencia en el sector público y privado como consultor y gestor de proyectos de edificación, urbanización y territorio, ingenierías de implementación, NTIC, datificación y movilidad.

**TABLA 4.**  
Proyectos Arq. Carlos Campoverde

**Proyecto**

**Nombre del Proyecto**

Indicadores arquitectónicos y urbanos para espacios públicos sostenibles, en la ciudad actual de América Latina

**Descripción**

Investigación sobre la implementación de indicadores para mejorar la sostenibilidad de los espacios públicos en ciudades latinoamericanas. Se analizan diversos factores como la accesibilidad, el uso de materiales sostenibles, y la integración de espacios verdes para promover una urbanización más ecológica y habitable.

**Proyecto**

**Nombre del Proyecto**

Espacio Público Y Patrones De Movilidad Urbana En El Centro De La Ciudad De Ambato

**Descripción**

Estudio de los patrones de movilidad urbana y su relación con los espacios públicos en el centro de Ambato. La investigación se enfoca en cómo el diseño de los espacios públicos influye en la movilidad de los ciudadanos y cómo se pueden mejorar para fomentar un uso más eficiente y sostenible del espacio urbano.



---

## PROYECTO

---

**Nombre del Proyecto** Rehabilitación de barandillas y repintado de elementos metálicos

---

**Descripción** Proyecto para la rehabilitación y repintado de barandillas de protección peatonal en varias localidades, incluyendo Villanueva del Campo, Barcial del Barco y Corrales del Vino. El objetivo es mejorar la seguridad y estética de las infraestructuras públicas mediante el uso de técnicas y materiales de alta durabilidad.

---

### Ejes y aportes entrevista Arq. Carlos Campoverde

#### Formación y Experiencia en Conservación del Patrimonio Edificado y Fotogrametría

El entrevistado tiene una formación sólida en arquitectura y experiencia específica en fotogrametría, habiendo trabajado con ortomosaicos y objetos 3D. Aunque ha realizado levantamientos patrimoniales, su especialización principal radica en la exploración fotogramétrica.

#### Proyectos Significativos en Fotogrametría y Conservación Patrimonial

Ha dirigido proyectos de inspección visual y detección de patologías del hormigón en puentes utilizando nubes de puntos obtenidas por escáner láser. Además, ha trabajado en proyectos de planimetría en diversas regiones de Ecuador, realizando vuelos de dron para obtener lotizaciones precisas en áreas de difícil acceso.

#### Enfoque General en Proyectos de Fotogrametría para la Documentación de Edificaciones Patrimoniales

El enfoque general incluye evaluar el alcance del trabajo

fotogramétrico, determinar los dispositivos adecuados (drones, escáneres láser, cámaras de teléfonos móviles), y planificar según las condiciones climáticas y ambientales. La captura de datos y la gestión de la información son cruciales, asegurando la georreferenciación y la exportación en formatos adecuados para los diferentes miembros del equipo de trabajo.

#### Factores Considerados al Planificar la Ruta de Vuelo para la Captura de Imágenes en Proyectos de Conservación Patrimonial

Se consideran factores climáticos, la actualización del firmware de los dispositivos, las condiciones físicas del equipo, y la necesidad de observadores adicionales para monitorizar el vuelo. La planificación de la malla de vuelo depende de las condiciones específicas del proyecto, y se prioriza la calidad y cantidad de información obtenida.

#### Principales Beneficios Observados al Utilizar Fotogrametría para la Documentación del Patrimonio.

La fotogrametría permite precisar la información obtenida, mejorar la confianza en los datos presentados al cliente, y proporcionar una visión más detallada y exacta de las estructuras. Además, facilita la clasificación y detección de patologías, como fisuras y elementos fraccionados, lo que es invaluable para la conservación del patrimonio.

#### Mejoras en el Trabajo de Conservación y Restauración Gracias a la Fotogrametría.

La fotogrametría ha revolucionado las metodologías de trabajo, proporcionando información más precisa y detallada que las técnicas tradicionales. Esto permite una mejor planificación y ejecución de los proyectos de conservación y restauración, adaptándose a las normativas técnicas y legales actuales.

#### Conclusión Final

La fotogrametría representa una tecnología revolucionaria para la documentación y conservación del patrimonio edificado. Aunque las metodologías tradicionales siguen siendo relevantes, la innovación en los procesos fotogramétricos ha mejorado significativamente la precisión y la eficiencia en el trabajo de conservación. La escalabilidad y la posibilidad de replicar estas metodologías en diversos contextos refuer-



**TABLA 5.**  
Perfil Arq. Marcelo Martines

<b>PERFIL DEL ENTREVISTADO</b>	
Arq. Macerlo Javier Martines Calvopiña	
<b>Categoría</b>	Detalle
<b>Formación Académica</b>	
<b>Nivel Académico</b>	Arquitecto
<b>Institución</b>	Universidad Tecnológica Indoamérica
<b>Detalles</b>	Título de grado en Arquitectura
<b>Especialidad</b>	
<b>Áreas de Expreiencia</b>	Planimetrías con Dron, Levantamientos fotogramétricos.

**TABLA 6.**  
Proyectos Arq. Marcelo Martines

**PROYECTO**

<b>Nombre del Proyecto</b>	Plan de naturación urbana aplicada en el sector de la Av. 13 de Abril de Ambato en 202
<b>Descripción</b>	Levantamiento Fotogramétrico de la Av. 13 de Abril Destaca la necesidad de más espacios verdes y el apoyo ciudadano para huertos comunitarios y arbolados.

**Ejes y aportes entrevista Arq. Marcelo Martínez**

**Formación y Experiencia en Conservación del Patrimonio Edificado y Fotogrametría:**

Mi formación académica incluye Arquitecto urbanista dentro de esto ha desarrollado varios proyectos que implican fotogrametría de manera privada y a su vez realice el levantamiento fotogramétrico de la Av. 13 de Abril tanto 3D como ortofoto por ejes.

**Proyectos Significativos en Fotogrametría y Conservación Patrimonial:**

El proyecto significativo dentro de una investigación es el Plan de naturación urbana aplicada en el sector de la Av. 13 de Abril de Ambato en 2020

**Enfoque General en Proyectos de Fotogrametría para la Documentación de Edificaciones Patrimoniales:**

Al iniciar un proyecto, primero evaluamos el estado actual del edificio y definimos los objetivos del levantamiento. Planificamos la captura de datos en función de las necesidades del proyecto, seleccionando los equipos y técnicas adecuadas. La fotogrametría nos permite obtener datos precisos y detallados, que luego utilizamos para crear modelos digitales y planos detallados.

### **Factores Considerados al Planificar la Ruta de Vuelo para la Captura de Imágenes en Proyectos de Conservación Patrimonial:**

Al planificar la ruta de vuelo, consideramos factores como la accesibilidad del sitio, las condiciones climáticas y la necesidad de evitar interferencias con el entorno. Es esencial garantizar una cobertura completa y uniforme del área de interés, por lo que ajustamos la altitud y la superposición de las imágenes según sea necesario.

### **Principales Beneficios Observados al Utilizar Fotogrametría para la Documentación del Patrimonio:**

La fotogrametría ofrece numerosos beneficios, incluyendo la capacidad de capturar datos precisos y detallados rápidamente. Facilita la creación de modelos 3D, que son útiles para la planificación de la conservación y la restauración. Además, permite documentar el estado del patrimonio en un momento dado, lo cual es esencial para monitorear cambios a lo largo del tiempo.

### **Mejoras en el Trabajo de Conservación y Restauración Gracias a la Fotogrametría:**

La fotogrametría ha mejorado significativamente nuestro trabajo de conservación y restauración al proporcionar una documentación precisa y detallada. Nos ha permitido identificar problemas estructurales que no serían visibles a simple vista y ha facilitado la planificación y ejecución de las intervenciones necesarias con mayor precisión y eficiencia.

**Conclusión:** En resumen, la fotogrametría es una herramienta invaluable en la conservación del patrimonio edificado. Su capacidad para proporcionar datos precisos y detallados ha transformado la manera en que abordamos la documentación y restauración de edificios históricos.

**Figura 13.** Levantamiento fogramétrico con dron, Iglesia Hacienda Tilipulo.



**TABLA 7 .**  
Juicio a expertos

<b>Categoría</b>	Arq. Omar Andrés Delgado Pinos	Arq. Carlos Campoverde Sánchez	Arq. Marcelo Martínez Calpo- viña
<b>Formación Académica</b>	Arquitecto, Magíster en Arquitectura	Arquitecto con licencia GB-O2	Arquitecto urbanista
<b>Experiencia Profesional</b>	10 años en documentación y fotogrametría	Experiencia en diseño y construcción sostenible BIM Y fotogrametría	Experiencia en proyectos de fotogrametría
<b>Publicaciones</b>	Múltiples publicaciones en revistas científicas y congresos	Proyectos principalmente en su propia firma	Investigación sobre naturación urbana y fotogrametría
<b>Competencias Técnicas</b>	Dominio de Metashape, sistemas GNSS, etc.	Dominio de herramientas de diseño y construcción	Dominio de fotogrametría 3D y ortofoto
<b>Relevancia de Proyectos</b>	Proyectos destacados en Cuenca y Nabón	Proyectos relevantes en Albuquerque	Proyectos en Ambato
<b>Contribución al Proyecto</b>	Aporte significativo en metodología y análisis	Aporte en diseño y sostenibilidad	Aporte en metodología y técnicas de fotogrametría
<b>Disponibilidad</b>	Disponible con limitaciones	Totalmente disponible	Disponible con limitaciones
<b>Innovación y Creatividad</b>	Propone soluciones innovadoras	Enfoque innovador en sostenibilidad	Propone soluciones innovadoras
<b>Colaboración y Trabajo en Equipo</b>	Excelente colaborador	Buen colaborador	Buen colaborador

## Aplicación Objetivo 2 Búsqueda Documental

**TABLA 8 .**  
Ficha Bibliográfica



### FICHA BIBLIOGRÁFICA

#### GEOMATICS DOCUMENTATION TECHNIQUES AS MONITORING TOOLS FOR RURAL BUILT HERITAGE IN NABÓN (ECUADOR)

##### AÑO DE PUBLICACIÓN

28 August–1 September 2021

##### PALABRA CLAVE

Arcos, documentación cultural, fotogrametría de corto alcance RPAS, cooperación internacional, realidad aumentada, seguimiento del patrimonio

##### IDEA PRINCIPAL

El artículo describe un proyecto de cooperación internacional para documentar y monitorear el patrimonio construido rural en Nabón, Ecuador, utilizando técnicas de geomática y fotogrametría con drones, con el objetivo de crear un sistema de gestión sostenible para la conservación del patrimonio cultural y natural.

##### METODOLOGÍA APLICADA

**Documentación geométrica:** Uso de fotogrametría aérea con drones para capturar imágenes y crear modelos 3D detallados del patrimonio construido

**Geoportal:** Implementación de un geoportal para la visualización y difusión de la información patrimonial.

**Aplicación móvil:** Desarrollo de una app para la participación ciudadana en el monitoreo del patrimonio. Monitoreo: Sistema de monitoreo basado en la información documentada, con la participación de la comunidad local y expertos en patrimonio.

**CITA BIBLIOGRÁFICA:** Collado, A., Heras, V., Rodas, P., Delgado, A., Carrión, C., Mora-Navarro, G., & Lerma, J.L. (2021).

**TABLA 9.**  
Ficha Bibliográfica




---

### FICHA BIBLIOGRÁFICA

---

Simonetto, E., Charlet, C., Labergerie, E., Batifol, G., Guivarch, T., Le Goff, T., & Senra, C. (2023).

<b>AÑO DE PUBLICACIÓN</b>	2023
<b>PALABRA CLAVE</b>	Fotogrametría de corto alcance, Captura de imágenes, Estrategia, Estructura cilíndrica, Nube de puntos 3D, Ortomosaico, Patrimonio cultural
<b>IDEA PRINCIPAL</b>	Este artículo trata sobre la implementación práctica de la fotogrametría de corto alcance para la modelización de una estructura cilíndrica histórica, probando diferentes estrategias de adquisición de imágenes tanto en el interior como en el exterior de una torre redonda para evaluar la densidad y precisión de las nubes de puntos generadas.
<b>METODOLOGÍA APLICADA</b>	<p><b>Captura de imágenes:</b> Se probaron diferentes estrategias de adquisición de imágenes (trayectorias rectas o circulares y número de imágenes adquiridas en cada posición de la cámara) para capturar tanto el interior como el exterior de una torre histórica.</p> <p><b>Procesamiento de datos:</b> Uso de la técnica SfM (Structure from Motion) y el algoritmo MVS (Multi-View Stereo) para crear una nube de puntos 3D densa.</p> <p><b>Evaluación de resultados:</b> Comparación de las diferentes nubes de puntos densas y ortomosaicos generados, observando aspectos como ruido, agujeros, deformaciones y valores de precisión métrica utilizando puntos de control en el terreno (GCP).</p>
<b>CITA BIBLIOGRÁFICA:</b>	Simonetto, E., Charlet, C., Labergerie, E., Batifol, G., Guivarch, T., Le Goff, T., & Senra, C. (2023).

---

**TABLA 10.**  
Ficha Bibliográfica



**FICHA BIBLIOGRÁFICA**

Integration of Laser Scanner and Photogrammetry for Heritage  
BIM Enhancement

**AÑO DE PUBLICACIÓN**

2021

**PALABRA CLAVE**

HBIM, escáner láser, fotogrametría, fusión de datos, datos multiresolución

**IDEA PRINCIPAL**

El artículo aborda un flujo de trabajo de encuesta arquitectónica utilizando fotogrametría y escáner láser terrestre (TLS) para optimizar una nube de puntos que sea suficiente para un HBIM (Heritage Building Information Model) confiable. La metodología propuesta se implementó en dos sitios patrimoniales en Jeddah, Arabia Saudita, mejorando la interpretación de datos y la modelización paramétrica de objetos arquitectónicos complejos.

**METODOLOGÍA APLICADA**

**Captura de imágenes y escaneo láser:** Uso de escáner láser y fotogrametría UAV para capturar datos multiresolución de los sitios patrimoniales.

**Fusión de datos:** Integración de nubes de puntos obtenidas de escaneo láser y fotogrametría mediante el algoritmo de Punto Más Cercano Iterativo (ICP) para producir geometrías complejas y precisas.

**Modelado HBIM:** Segmentación y clasificación de componentes de construcción en superficies regulares e irregulares, y creación de modelos BIM detallados utilizando el software Autodesk Revit.

**CITA BIBLIOGRÁFICA:** Alshawabkeh, Y., Baik, A., & Miky, Y. (2021).

**TABLA 11.**  
Ficha Bibliográfica




---

### FICHA BIBLIOGRÁFICA

---

Fotogrametría y nube de puntos aplicado en la documentación del patrimonio construido. El caso de la torre de la calahorra en elche

---

**AÑO DE PUBLICACIÓN** 2010

---

**PALABRA CLAVE** Fotogrametría, Nube de puntos, Patrimonio.

---

**IDEA PRINCIPAL** El artículo discute el uso de la fotogrametría y las nubes de puntos para la documentación del patrimonio construido, ejemplificado con el caso de la Torre de la Calahorra en Elche, España. Este enfoque permite una documentación detallada y precisa del estado actual de los edificios patrimoniales, facilitando la creación de contenidos gráficos en 2D y modelos virtuales en 3D.

---

**METODOLOGÍA APLICADA** **Levantamiento gráfico:** Utilización de fotogrametría para documentar las fachadas e interiores de la Torre de la Calahorra.

**Software específico:** Empleo de PhotoModeler Scanner para generar nubes de puntos y superficies trianguladas a partir de fotografías.

**Instrumentación:** Uso de cámaras digitales calibradas, medidores láser y estaciones totales para la captura de datos precisos.

**Procesamiento de datos:** Creación de modelos 3D y ortofotos mediante software especializado, seguido de la verificación y corrección de errores en los puntos marcados.

---

**CITA BIBLIOGRÁFICA:** Mora García, R. T., Céspedes López, M. F., & Louis Cereceda, M. (2010).

---



## Aportes a la investigación

**TABLA 12.**  
Aportes revisión bibliográfica

Título del Artículo	Aportes a la Investigación y Aplicación
<b>Geomatics documentation techniques as monitoring tools for rural built heritage in Nabón (Ecuador)</b>	<p><b>Aportes:</b> El artículo proporciona un caso de estudio detallado sobre la aplicación de técnicas geomáticas y drones para la conservación del patrimonio rural.</p> <p><b>Aplicación:</b> Se utilizará la metodología documentada para implementar un sistema de levantamiento fotogramétrico adecuado, asegurando la precisión y la calidad de la documentación.</p>
<b>Practical implementation of photogrammetry for the modelling of a cylindrical historical building</b>	<p><b>Aportes:</b> Ofrece un análisis comparativo de diferentes estrategias de captura de imágenes para modelar estructuras históricas.</p> <p><b>Aplicación:</b> Se adoptarán las estrategias de captura de imágenes más efectivas y precisas para optimizar la fotogrametría de los edificios patrimoniales en la investigación, así realizando varios vuelos a distintos ángulos para obtener una mejor la calidad de los modelos 3D generados.</p>
<b>Integration of Laser Scanner and Photogrammetry for Heritage BIM Enhancement</b>	<p><b>Aportes:</b> Demuestra la integración efectiva de fotogrametría y escaneo láser en la creación de HBIM.</p> <p><b>Aplicación:</b> Se integrarán tanto la fotogrametría interna y externa del caso de estudio para poder recopilar información interna y externa. Teniendo una documentación amplia.</p>
<b>Fotogrametría y nube de puntos aplicado en la documentación del patrimonio construido. El caso de la Torre de la Calahorra en Elche</b>	<p><b>Aportes:</b> Presenta un ejemplo práctico de documentación de patrimonio mediante fotogrametría y nubes de puntos.</p> <p><b>Aplicación:</b> Se implementarán técnicas de fotogrametría y generación de nubes de puntos en una calidad ultra alta como se describe en el estudio, para mejorar la precisión y detalle en la representación gráfica de los edificios patrimoniales en la investigación.</p>

**Figura 13.**  
Puntos de paso Hacienda Tilipulo.



# GUÍA PROCEDIMENTAL

## Índice

1. Introducción
2. Definición de Fotogrametría
3. Equipos y Herramientas
4. Preparación y Planificación
5. Adquisición de Datos
6. Procesamiento de Datos
7. Conclusiones
8. Recomendaciones
9. Apéndice

Apéndice A: Glosario de Términos

Apéndice B: Referencias

### 1. Introducción

La fotogrametría ha emergido como una herramienta esencial en el ámbito de la documentación y conservación del patrimonio edificado. Esta técnica permite la creación de modelos tridimensionales precisos y detallados a partir de fotografías al igual ortofotos con alta precisión, facilitando el análisis, preservación y restauración de estructuras históricas. La creciente accesibilidad de las tecnologías de fotogrametría, incluyendo drones y software de procesamiento avanzado, ha revolucionado la manera en que los profesionales del patrimonio abordan la documentación y gestión de edificaciones históricas.

### 2. Definición de Fotogrametría

La fotogrametría es la ciencia y tecnología de obtener información fiable sobre objetos físicos y el entorno a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas. Esta técnica se basa en la captura de múltiples imágenes de un objeto o área desde diferentes ángulos, lo que permite reconstruir en tres dimensiones las característi-

cas de ese objeto o área teniendo una precisión muy adecuada. Según Mikhail, Bethel, y McGlone (2001), la fotogrametría moderna combina principios de óptica, geometría y informática para generar modelos tridimensionales precisos y detallados.

### 3. Equipos y Herramientas

Drones UAVs

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) o drones han revolucionado la fotogrametría aérea, proporcionando una plataforma versátil y económica para la captura de imágenes desde el aire. Los drones equipados con cámaras de alta resolución permiten obtener vistas aéreas detalladas y precisas de estructuras. Estos dispositivos son especialmente útiles para acceder a áreas de difícil alcance y para cubrir grandes extensiones de terreno en poco tiempo (Lerma & Heras, 2020).

Selección del Dron Adecuado

La elección del dron adecuado depende de varios factores, incluyendo la resolución de la cámara, la estabilidad del vuelo, la duración de la batería y las características del terreno a documentar.

Drones Recomendados para Fotogrametría

*DJI Phantom 4 RTK*

#### •Características:

Cámara: Sensor CMOS de 1 pulgada, 20 megapíxeles.

Precisión: Sistema RTK (Real-Time Kinematic) que mejora significativamente la precisión geoespacial.

Duración de la Batería: Aproximadamente 30 minutos de vuelo.

Uso: Ideal para levantamientos topográficos y mapeo de alta precisión.

DJI Mavic 2 Pro

·

Características:

Cámara: Sensor CMOS de 1 pulgada, 20 megapíxeles, lente Hasselblad.

Portabilidad: Diseño compacto y plegable, fácil de transportar.

Duración de la Batería: Aproximadamente 31 minutos de vuelo.

Uso: Versátil y adecuado para levantamientos aéreos detallados y fotogrametría de pequeña escala.

*DJI Matrice 300 RTK*

·Características:

Cámara: Compatible con varias cargas útiles, incluyendo la Zenmuse P1 (sensor full-frame de 45 MP) y la Zenmuse L1 (LiDAR).

Precisión: Sistema RTK integrado para alta precisión en levantamientos geoespaciales.

Duración de la Batería: Hasta 55 minutos de vuelo (dependiendo de la carga útil).

Uso: Ideal para proyectos de gran escala y aplicaciones industriales, con capacidad para múltiples sensores.

*Parrot Anafi USA*

·Características:

Cámara: Tres cámaras, incluyendo una cámara de zoom 32x, una cámara térmica FLIR y una cámara de 21 megapíxeles.

Portabilidad: Ligero y fácil de desplegar.

Duración de la Batería: Aproximadamente 32 minutos de vuelo.

Uso: Adecuado para inspecciones detalladas y levantamientos en áreas difíciles de alcanzar.

*Yuneec H520*

·Características:

Cámara: Compatible con varias cámaras, incluyendo la E90 (sensor de 1 pulgada, 20 MP) y la CGOET (cámara térmica).

Estabilidad: Diseño hexacóptero que proporciona mayor estabilidad en vuelo.

Duración de la Batería: Aproximadamente 28 minutos de vuelo.

Uso: Ideal para aplicaciones de mapeo, inspección y seguridad pública.

#### **4. Preparación y Planificación**

##### 1. Obtención y Configuración Inicial

Descargar Google Earth Pro:

·Descargar e instalar Google Earth Pro desde su sitio web oficial.

·Abrir el programa una vez instalado.

Creación del Polígono en Google Earth Pro

Agregar Polígono:

·Navegar hasta la ubicación del caso de estudio en Google Earth Pro.

·Hacer clic en el icono "Agregar Polígono".

Configuración de Estilo y Color:

·En la ventana emergente, ir a la pestaña "Estilo, Color".

·Cambiar la anchura a 3.00, establecer la opacidad en 0.00, y elegir el color deseado para el polígono.

Delineación del Área:

·Utilizar la herramienta de polígono para seleccionar el área completa que se desea registrar.

Nombrar el Polígono:

·Asignar un nombre significativo al polígono.

Guardar el Polígono:

·Hacer clic derecho sobre el nombre del polígono en la lista de lugares.

·Seleccionar "Guardar lugar como..." y elegir el formato KMZ para el archivo.

## 2. Configuración del Proyecto en DroneLink

Crear Carpeta de Proyecto:

·Crear una carpeta específica para almacenar todos los archivos relacionados con el levantamiento fotogramétrico.

Acceder a DroneLink:

·Iniciar sesión en DroneLink desde su página web.

Importar el Archivo KMZ:

·Seleccionar la opción "Crear", luego "Importar".

·Subir el archivo KMZ guardado desde Google Earth Pro.

Configuración de la Importación:

·Configurar la importación del polígono:

·Seleccionar "Importar como mapa".

·En "Fusionar puntos más cerca que...", establecer una distancia menor para mayor precisión y resolución.

Finalizar Importación:

·Hacer clic en "Importar" para completar el proceso.

## 3. Configuración Detallada del Plan de Vuelo

Detalles del Proyecto:

·Asignar un nombre al proyecto.

·En la descripción, detallar las acciones a realizar durante cada plan de vuelo.

Parámetros de Vuelo:

·En "Registración de despegue", seleccionar "Ninguna".

·En "Al finalizar", seleccionar "Volver a casa".

·Configurar los límites de movimiento:

Velocidad: 16.1 km/h (mayor velocidad disminuye la definición del producto).

Tasa de descenso: 3.0 m/s.

Tasa de ascenso: Ajustar según necesidad.

Tasa de rotación: 20.0 grados/s.

Tolerancia a error de movimiento: 20.0 m.

Altitud: 50 m (ajustar según el caso de estudio).

Configuración de la Cámara:

·Seleccionar el equipo de la cámara en "Configuración de la cámara".

·Verificar la altura y la referencia (lugar de despegue - ATL).

·Configurar la superposición de cámaras:

Superposición frontal: 85.0.

Superposición lateral: 80.0.

Distancia de muestra de tierra: 1.42 cm/pixel.

Modo de Captura y Otros Parámetros:

·Modo de captura: "Captura".

·Tipo de foto: "Soltero".

·Prioridad de captura: "Distancia".

Modo de enfoque: "Auto".

Velocidad máxima: Predeterminado.

Dirección de vuelo: O.O (predeterminado).

Patrón de vuelo: "Rojo" (doble malla para mayor información).

Rumbo del dron: "Adelante".

Ángulo de captura: Predeterminado (0).

Cardan de paso: -90 grados (ajustable según necesidad).

Referencia: "Horizonte".

Intervalo mínimo de captura: 2.0 segundos (ajustable según detalle requerido).

Captura de velocidad máxima: Ajustar según necesidad (mayor velocidad, menor detalle).

Balance de blanco: Predeterminado (50.0 m).

Activar tolerancia al viento alto.

## 5. Adquisición de Datos

### 1. Necesidades Previas al Vuelo

Para realizar un levantamiento fotogramétrico de manera adecuada, se deben cumplir los siguientes requisitos y equipos previos.

Dispositivo de Control Compatible:

·Contar con un controlador que sea compatible con el dron a utilizar.

Software Necesario:

·DJI FLY: Descargar e instalar el software DJI FLY y crear una cuenta.

·DroneLink: Instalar el software DroneLink, que se utilizará para ingresar los parámetros de planificación del vuelo.

·Fly Radar 24: Instalar Fly Radar 24 para verificar que no haya ninguna aeronave tripulada en el área durante el vuelo.

### Características del Dron:

·Cámara de Alta Resolución:

Resolución mínima de 20 megapíxeles.

Sensor CMOS de al menos 1 pulgada para una mejor captura de detalles.

Lente gran angular con baja distorsión para capturar imágenes amplias y detalladas.

Estabilidad y Control de Vuelo:

Sistema GNSS de alta precisión para georreferenciar las imágenes.

Sistema de estabilización (gimbal) de 3 ejes para mantener la cámara estable.

Modos de vuelo autónomos para facilitar el vuelo automatizado.

Autonomía y Alcance:

Duración de batería mínima de 20-30 minutos.

Alcance de control de al menos 2 kilómetros.

Capacidad de Almacenamiento:

Tarjetas SD de al menos 32 GB.

## 2. Preparación y Configuración del Vuelo

Seleccionar el Lugar de Despegue y Aterrizaje:

Buscar un lugar abierto y adecuado para colocar la pista de despegue y aterrizaje.

Encender y Configurar el Equipo:

Encender el controlador del dron.

Presionar el botón de encendido del dron y esperar a que se enlace con el controlador.

Verificar Conexión Satelital:

Asegurarse de tener un mínimo de 16 satélites conectados para garantizar la precisión en latitud (y), longitud (x) y altura (z).

Calibración de la Brújula:

Calibrar la brújula del dron y del controlador mediante el software DJI FLY.

Navegar a la opción de brújula en el software, seleccionar "Calibrar" y seguir las instrucciones para girar el dron sobre su propio eje y verticalmente.

Cerrar DJI FLY y Abrir DroneLink:

Cerrar el software DJI FLY después de la calibración y abrir DroneLink.

Cargar la planificación del vuelo previamente realizada.

## 3. Ejecución del Vuelo Automatizado

Iniciar Misión:

Dirigirse a la sección de información del estado del dron en DroneLink.

Si el dron muestra el estado "Listo para volar", iniciar la misión.

Monitorear el Vuelo:

Supervisar el vuelo automatizado según la planificación.

Suspender la misión si la batería cae por debajo del 30% y realizar el cambio de batería si es necesario.

Captura de Datos Adicionales:

Realizar varios levantamientos desde diferentes ángulos para captar mayor información y garantizar un modelado 3D preciso y detallado.

## 6. Procesamiento de Datos

Características Recomendables para un Computador de Procesamiento Fotogramétrico

Procesador (CPU)

Recomendación: Procesadores de alta gama como Intel Core i7 o i9, o AMD Ryzen 7 o 9.

Especificaciones: Múltiples núcleos y subprocesos (8 núcleos y 16 subprocesos como mínimo).

Ejemplo: Intel Core i9-11900K o AMD Ryzen 9 5950X.

Memoria RAM

Recomendación: Mínimo 32 GB de RAM, aunque 64 GB es preferible para proyectos grandes.

Especificaciones: RAM DDR4 con alta velocidad (mínimo 3200 MHz).

Ejemplo: 64 GB DDR4-3200.

Tarjeta Gráfica (GPU)

Recomendación: GPUs de alta gama como NVIDIA GeForce RTX 3060 o superiores.

Especificaciones: Al menos 6 GB de memoria dedicada para la GPU, aunque 8 GB o más es ideal.

Ejemplo: NVIDIA GeForce RTX 3080 o NVIDIA Quadro RTX 4000.



## Almacenamiento

Recomendación: Combinación de un SSD NVMe para el sistema operativo y software, y un HDD de alta capacidad para el almacenamiento de datos.

Especificaciones: SSD NVMe de al menos 1 TB y HDD de al menos 2 TB.

Ejemplo: Samsung 970 EVO Plus 1TB (SSD) y Seagate Barracuda 4TB (HDD).

## Sistema Operativo

Recomendación: Windows 10 Pro (64-bit) o Windows 11 Pro.

Especificaciones: Debe ser una versión de 64 bits para manejar grandes cantidades de RAM y software de procesamiento avanzado.

### 1. Obtener el Software Agisoft Metashape

Descargar e Instalar: Visita el sitio web oficial de Agisoft para descargar e instalar Metashape.

### 2. Iniciar un Nuevo Proyecto

Abrir Agisoft Metashape:

Inicia el programa.

Nuevo Proyecto:

·Ve a "Archivo" > "Nuevo" para iniciar un nuevo proyecto.

Asignar Nombre:

Guarda el proyecto con un nombre significativo.

### 3. Añadir Fotografías

Añadir Fotos:

Ve a "Archivo" > "Añadir Fotos" o utiliza el botón correspondiente en la barra de herramientas.

Seleccionar Fotografías:

Escoge las fotografías deseadas para el procesamiento.

Revisión de Fotos: Asegúrate de que las fotos no incluyan cielo visible ni demasiado brillo para mejorar la precisión del procesamiento.

### 4. Orientar Fotos

Orientar Fotos:

En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Orientar fotos".

Configuración de Orientación:

En la ventana emergente, configura los parámetros:

Calidad: Selecciona la calidad deseada (alta o máxima).

Pre-selección Automática: Activa esta opción.

Pre-selección de Referencias: Activa y selecciona "Origen".

Calidad de Orientación: Es recomendable utilizar alta o máxima dependiendo de la capacidad de tu computadora.

### 5. Convertir Referencias

Referencia:

Dirígete a la pestaña "Referencia".

Convertir Referencia:

Selecciona "Convertir referencia".

Configuración de Coordenadas:

En la ventana emergente, selecciona:

Sistema de Coordenadas: Especifica las coordenadas de tu proyecto.

Ángulos de Rotación: Selecciona "Giñada, Cabeceo, Alabeo".

Cámara y Marcadores: Activa estos ítems.

### 6. Crear Nube de Puntos Densa

Nube de Puntos Densa:

En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Crear nube de

puntos densa”.

Configuración de Calidad:

En la ventana emergente, selecciona la calidad deseada (alta o extra alta).

## 7. Crear Malla

Crear Malla:

En la pestaña “Flujo de trabajo”, selecciona “Crear malla”.

Configuración General:

Origen de Datos: Selecciona “Nube de puntos densa”.

Tipo de Superficie: Selecciona “Arbitrario 3D”.

Calidad: Selecciona la calidad deseada.

Número de Caras: Selecciona alta para mayor precisión.

## 8. Crear Modelo de Teselas

Modelo de Teselas:

En la pestaña “Flujo de trabajo”, selecciona “Crear modelo de teselas”.

Configuración General:

Origen de los Datos: Selecciona la fuente de los datos.

Calidad: Selecciona la calidad deseada.

Tamaño del Pixel: Especifica el tamaño del pixel.

Tamaño de Teselas: Configura el tamaño adecuado

Número de Caras por Megapixel: Ajusta según sea necesario.

## 9. Crear Ortomosaico

Ortomosaico:

Utiliza la opción en la pestaña “Flujo de trabajo” para crear un ortomosaico.

Configuración:

Origen de los Datos: Asegúrate de que la fuente de datos sea correcta.

Calidad y Resolución: Ajusta los parámetros según los requisitos del proyecto.

## 7. Conclusiones

La fotogrametría se ha consolidado como una herramienta indispensable para la documentación y conservación del patrimonio edificado. A lo largo de esta guía técnica, hemos explorado las diversas facetas de la fotogrametría, desde sus principios básicos y su evolución hasta la implementación práctica y el procesamiento de datos.

## 8. Recomendaciones

Fomentar la integración de la fotogrametría con otras tecnologías avanzadas, como el escaneo láser y los SIG, para mejorar la precisión y la eficiencia en la documentación del patrimonio. La combinación de diferentes métodos proporciona una visión más completa y detallada de las estructuras documentadas.

## 9. Apéndice

### Apéndice A: Glosario de Términos

**Autonomía:** Capacidad de un dron para operar durante un período específico sin necesidad de recargar su batería.

**Análisis Espectral:** Proceso de examinar las diferentes longitudes de onda de la luz reflejada o emitida por un objeto para obtener información sobre sus propiedades físicas.

**Calibración:** Ajuste de los parámetros de un dispositivo para asegurar mediciones precisas y consistentes.

- CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor): Tipo de sensor de imagen utilizado en cámaras digitales que convierte la luz en señales eléctricas.

- Gimbal: Dispositivo que estabiliza la cámara de un dron, permitiendo capturar imágenes claras sin distorsión.

- GNSS (Global Navigation Satellite System): Sistema de satélites que proporciona datos de posicionamiento geoespacial precisos.

- Distorsión: Alteración de la forma o tamaño de una imagen capturada, común en lentes gran angular.

- DroneLink: Software utilizado para planificar y ejecutar vuelos automatizados de drones.

- Estabilización: Capacidad de un dron para mantener la cámara fija y estable durante el vuelo, crucial para obtener imágenes nítidas.

- Fotogrametría: Técnica para obtener información precisa sobre objetos físicos y el entorno mediante el análisis de imágenes fotográficas.

- Fly Radar 24: Aplicación utilizada para monitorear el tráfico aéreo y evitar conflictos con aeronaves tripuladas durante vuelos de drones.

- LiDAR (Light Detection and Ranging): Tecnología que utiliza pulsos de luz láser para medir distancias y crear modelos 3D precisos de superficies y objetos.

- Metashape: Software de procesamiento de fotogrametría utilizado para generar modelos 3D a partir de imágenes capturadas.

- Misión Automatizada: Secuencia de tareas de vuelo preprogramadas que un dron ejecuta sin intervención manual directa.

- Puntos de Control: Marcadores físicos o virtuales utilizados como referencia para aumentar la precisión de los modelos fotogramétricos.

- Precisión Geoespacial: Exactitud de las coordena-

das geográficas obtenidas mediante sistemas GNSS, crucial para la correcta ubicación de imágenes y modelos.

- Resolución: Cantidad de detalle que una cámara puede capturar, generalmente medida en megapíxeles.

- Superposición: Grado en el que las imágenes capturadas se solapan entre sí, crucial para generar modelos 3D precisos.

- Teledetección: Ciencia de obtener información sobre un objeto o área desde una distancia, típicamente mediante el uso de satélites o aviones.

- UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Vehículo aéreo no tripulado, comúnmente conocido como dron, utilizado para capturar imágenes aéreas y otros datos.

## **Apéndice B: Referencias**

1. Mikhail, E. M., Bethel, J. S., & McGlone, J. C. (2001). *Introduction to Modern Photogrammetry*. Wiley.
2. Yamashkin, A. A., et al. (2019). "Geospatial Information Systems in Heritage Documentation." *ISPRS Annals*.
3. Lerma, J. L., & Heras, S. G. (2020). "Integration of Photogrammetry and Laser Scanning for Heritage Documentation." *Journal of Cultural Heritage*.
4. Potenziani, M., Callieri, M., Dellepiane, M., Corsini, M., Ponchio, F., & Scopigno, R. (2015). "3DHOP: 3D Heritage Online Presenter." *Computers & Graphics*.
5. UAV Coach. (2024). UAV Coach.
6. DJI. (n.d.). DJI Phantom 4 RTK.
7. DroneLink. (n.d.). DroneLink.
8. Fly Radar 24. (n.d.). Fly Radar 24.

Figura 14.  
Patio Interior, Hacienda Tilipulo.



## Objetivo General Aplicación De La Guía Procedimental En La Hacienda Tilipulo

La Hacienda Tilipulo se encuentra construida sobre un terreno semi llano, rodeada de una gran extensión de campos agrícolas. Sus fachadas Este y Oeste limitadas con vegetación de gran tamaño lo cual dificulta su levantamiento fotogramétrico.

Dadas las características de la hacienda y su entorno, y con el objetivo de optimizar el trabajo, se planteó la utilización de métodos fotogramétricos avanzados, como el uso de un dron que permita documentar su cubierta y partes más elevadas, que de otra forma no habrían podido ser fotografiadas. Al igual se realizó el levantamiento fotogramétrico del interior de la iglesia de la Hacienda Tilipulo para poder obtener la documentación de la misma.

El levantamiento fotogramétrico en la Hacienda Tilipulo se realizó mediante un enfoque cuidadoso, asegurando una cobertura completa y detallada del sitio. A continuación se detallan los pasos seguidos:

### Revisión de las condiciones climáticas:

Se monitoreó las condiciones climáticas para asegurar cielos despejados y buena iluminación natural, evitando sombras excesivas y asegurando una visibilidad óptima.

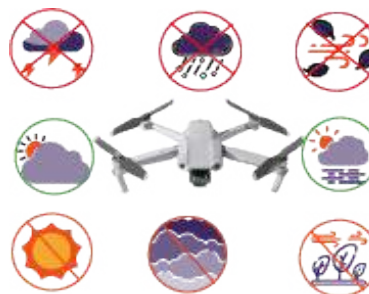
Se eligió un día con condiciones climáticas estables para minimizar el impacto del viento y otros factores ambientales en la calidad de las imágenes.

**TABLA 13.**  
Condiciones climáticas.

Condición Climática	Descripción	Categoría
Cielo Despejado	Ausencia de nubes, permitiendo una iluminación uniforme sin sombras pronunciadas.	No Óptimo
Nublado Ligero	Presencia de nubes ligeras que dispersan la luz, reduciendo sombras duras pero manteniendo buena visibilidad.	Óptimo

Día Soleado	Iluminación fuerte y directa, posibles sombras duras; adecuado si se planifica bien el horario.	No Óptimo
Nublado Denso	Nubes densas que reducen significativamente la luz, creando una iluminación difusa.	No Óptimo
Lluvia Ligera	Lluvia ligera que puede afectar la visibilidad y la seguridad del equipo.	No Válido
Lluvia Intensa	Lluvia intensa que imposibilita la toma de imágenes y pone en riesgo el equipo.	No Válido
Niebla	Baja visibilidad debido a la acumulación de niebla; dificulta la captura de imágenes claras.	No Válido
Viento Fuerte	Vientos superiores a 25 km/h que afectan la estabilidad del dron y la precisión de las imágenes.	No Válido
Viento Moderado	Vientos entre 10-25 km/h que pueden causar pequeñas inestabilidades pero son manejables con buena planificación.	No Óptimo
Viento Suave	Vientos menores a 10 km/h que permiten un vuelo estable y seguro del dron.	Óptimo

**Figura 15.**  
Condiciones para vuelo con dron.



**Figura 16.**  
Revisión de clima y condicionantes ambientales.



**Figura 17.**  
Revisión de equipos previo vuelo.



**Figura 18.**  
Recomendaciones previas al vuelo.



#### Un día antes del vuelo

- Inspección del lugar
- Cargar el controlador
- Kit de primeros auxilios
- Planear la ruta de vuelo
- Revisar el clima
- Obtener permisos necesarios
- Pre-notificación necesaria a la entidad
- Baterías cargadas

#### Antes del vuelo Inmediato

- Calibrar la brújula
- Baterías bien colocadas
- Revisar la velocidad del viento
- Revisar los obstáculos, cables, árboles, etc.
- Inspeccionar el dron
- Colocar el punto de inicio
- Cubierta de lente quitada
- Revisar la intensidad de la señal
- Revisar la intensidad de satélite

#### Despegue

- Encender el controlador
- Encender el dron
- Checar que los controles respondan
- Desplazarse por 15 pies durante 15 segundos para monitorear el comportamiento y el sonido

### Revisión De Los Equipos.

La correcta preparación y revisión de los equipos es fundamental para asegurar un vuelo seguro y efectivo. Este proceso debe comenzar con una planificación cuidadosa y una inspección detallada del lugar de vuelo, llevada a cabo el día antes de la operación. Durante esta fase inicial, se deben cargar y preparar todos los equipos, revisar las condiciones climáticas y obtener los permisos necesarios.

### Toma de Datos a distintos ángulos:

Se realizaron seis levantamientos desde diferentes ángulos para capturar una visión completa y detallada de la hacienda.

Los ángulos utilizados fueron  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $35^\circ$ , además de vuelos manuales para capturar detalles específicos y áreas difíciles de alcanzar.

Cada ángulo fue cuidadosamente seleccionado para optimizar la visibilidad y la cobertura del área estudiada, asegurando que no quedaran zonas sin documentar.

**Figura 19.**  
Ángulos de vuelo.



**Figura 20.**  
Ángulos de vuelo.



**Figura 21.**  
Levantamiento fotogramétrico a  $90^\circ$ .



**Figura 22.**  
Levantamiento fotogramétrico a  $45^\circ$ .



## Aplicación De La Guía Procedimental Caso De Estudio Hacienda Tilipulo

### FASE I PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN Obtención y Configuración Inicial

#### 1.\_ Descargar Google Earth Pro:

**Figura 23.**  
Aplicación Google Earth.



#### 2.\_ Creación del Polígono en Google Earth Pro

Una vez iniciado el programa colocamos la opción Agregar Polígono

**Figura 24.**  
Aplicación Google Earth, tool bar.



Nos dirigimos a nuestro caso de estudio; Hacienda Tilipulo

**Figura 25.**  
Aplicación Google Earth, buscador.



#### 3.\_ Configuración

En la ventana emergente, ir a la pestaña "Estilo, Color".

Aplicamos la anchura a 3.00, establecer la opacidad en 50.0% , y elegir el color deseado para el polígono.

**Figura 26.**  
Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.



#### 4.\_ Delineación

Utilizar la herramienta de polígono para seleccionar el área completa que se desea registrar

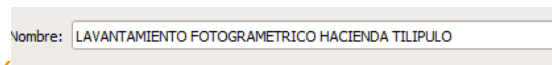
**Figura 27.**  
Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.



#### 5.\_ Nombre

Asignar un nombre al polígono.

**Figura 28.**  
Aplicación Google Earth, Nuevo Polígono.



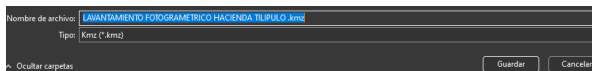
#### 6.\_ Guardar el Polígono.



Hacer clic derecho sobre el nombre del polígono en la lista de lugares.

Seleccionar "Guardar lugar como..." y elegir el formato KMZ para el archivo.

**Figura 29.**  
Aplicación Google Earth, guardar archivo.



Crear Carpeta de Proyecto:

Crear una carpeta específica para almacenar todos los archivos relacionados con el levantamiento fotogramétrico.

Acceder a DroneLink:

**Figura 30.**  
Acceso a dronelink.com.

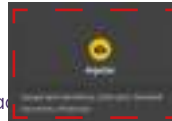


Importar el Archivo KMZ:

Seleccionar la opción "Crear", luego "Importar".

Subir el archivo KMZ guardado desde Google Earth Pro Hacienda Tilipulo.

**Figura 31.**  
Importación de Archivos.



Configurar la importación:

Configurar la importación del polígono:

Seleccionar "Importar como mapa".

**Figura 32.**  
Importación de Archivos.



Finalizar importación:

Hacer clic en "Importar" para completar el proceso.

### 8.\_ Configuración Detallada del Plan de Vuelo

Detalles del Proyecto:

Asignar un nombre al proyecto.

En la descripción, detallar las acciones a realizar durante cada plan de vuelo.

Parámetros de Vuelo:

En "Registración de despegue", seleccionar "Ninguna".

En "Al finalizar", seleccionar "Volver a casa".

Configurar los límites de movimiento:

Velocidad: 16.1 km/h

Tasa de descenso: 3.0 m/s.

Tasa de ascenso: 3.0m/s

Tasa de rotación: 20.0 grados/s.

Tolerancia a error de movimiento: 7.6 m.

Tolerancia de error de movimiento: 22.9 m.

Altitud: 50 m existe vegetación alta.

Superposición lateral: 80.0.

Distancia de muestra de tierra: 1.42 cm/pixel.

**Figura 32.**  
Plan de Vuelo.



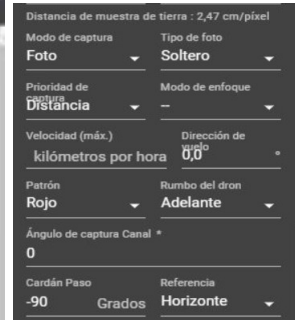
**Figura 33.**  
Plan de Vuelo.



**Figura 34.**  
Configuración cámara.



**Figura 35.**  
Configuración cámara.



### 9.\_ Configuración de la Cámara:

Seleccionar el equipo de la cámara en "Mavic Air 2 s".

Verificar la altura y la referencia (lugar de despegue - ATL).

Configurar la superposición de cámaras:

Superposición frontal: 85.0.

### 10.\_ Modo de Captura y Otros Parámetros:

Modo de captura: "Captura".

Tipo de foto: "Soltero".

Prioridad de captura: "Distancia".

Modo de enfoque: "Auto".

Velocidad máxima: Predeterminado.

Dirección de vuelo: O.O (predeterminado).

Patrón de vuelo: "Rojo"

(Doble malla para mayor información).

Rumbo del dron: "Adelante".

Ángulo de captura: Predeterminado (0).

**Figura 36.**  
Importación de Archivos.



Cardan de paso: -90 grados

Referencia: "Horizonte".

Intervalo mínimo de captura: 2.0 segundos

Balance de blanco: Predeterminado (50.0 m).

**Figura 37:** tolerancia al viento alto.  
Captura de imágenes.



## Fase 2 : Adquisición de datos Hacienda Tilipulo

### Especificación del Equipo Usado: DRONE DJI AIR MAVIC 2S

#### Cámara

La cámara del DJI Air Mavic 2S está equipada con un sensor CMOS de 1 pulgada, que permite capturar imágenes con una resolución de 20 megapíxeles. La lente del dron tiene un campo de visión (FOV) de 88°, una apertura fija de f/2.8 y una distancia focal de 22 mm. En cuanto al rango ISO, para fotografía puede ajustarse automáticamente entre 100-3200 o manualmente entre 100-12800. Para video, el rango ISO varía entre 100-3200 en modo automático y 100-6400 en

modo manual.

#### Estabilidad y Control de Vuelo

El DJI Air Mavic 2S utiliza sistemas de posicionamiento GPS + GLONASS para una navegación precisa. El dron cuenta con un gimbal de estabilización en 3 ejes (inclinación, giro, paneo) que asegura capturas estables y fluidas. Entre los modos de vuelo avanzados se incluyen Spotlight 2.0, ActiveTrack 4.0 y Point of Interest 3.0, que facilitan la captura de videos dinámicos y estables.

#### Batería

El dron está alimentado por una batería LiPo 3S con una capacidad de 3500 mAh y un voltaje de 11.55 V. Esta batería proporciona un tiempo máximo de vuelo de aproximadamente 31 minutos y un tiempo de carga de alrededor de 90 minutos.

#### Dimensiones y Peso

En términos de tamaño, el DJI Air Mavic 2S es compacto y portátil. Sus dimensiones cuando está plegado son 180×97×77 mm, y cuando está desplegado son 183×253×77 mm. El dron tiene un peso total de 595 gramos.

#### Transmisión de Video

El sistema de transmisión de video del DJI Air Mavic 2S, OcuSync 3.0, permite un rango máximo de transmisión de hasta 12 km en condiciones ideales (sin obstáculos y sin interferencias). La resolución de transmisión en vivo alcanza hasta 1080p a 30 fps, asegurando una alta calidad de visualización en tiempo real.

#### Almacenamiento

Para el almacenamiento, el dron soporta tarjetas microSD con una capacidad de hasta 256 GB, proporcionando amplio espacio para guardar fotos y videos de alta resolución.

#### Sensores de Vuelo

El DJI Air Mavic 2S está equipado con sensores de obstáculos en varias direcciones, incluyendo sensores delanteros, traseros, inferiores y superiores. Estos sensores mejoran la seguridad del vuelo al detectar y evitar obstáculos de manera eficaz.

Estas especificaciones detalladas del DJI Air Mavic 2S destacan su capacidad para realizar capturas de alta calidad y su estabilidad en el vuelo, haciéndolo ideal para tareas de documentación fotogramétrica y levantamiento de datos en proyectos patrimoniales.

**Figura 38.**  
Drone DJI Air Mavic 2S.



## 2. Preparación y Configuración del Vuelo

Seleccionar el Lugar de Despegue y Aterrizaje:  
Buscar un lugar abierto y adecuado para colocar la pista de despegue y aterrizaje.

Encender y Configurar el Equipo:

Encender el controlador del dron.

Presionar el botón de encendido del dron y esperar a que se enlace con el controlador.

## 3. Verificar Conexión Satelital:

Asegurarse de tener un mínimo de 16 satélites conectados para garantizar la precisión en latitud (y), longitud (x) y altura (z).

## 4. Calibración de la Brújula:

Calibrar la brújula del dron y del controlador mediante el software DJI FLY.

Navegar a la opción de brújula en el software, seleccionar "Calibrar" y seguir las instrucciones para girar el dron sobre su propio eje de manera horizontal y vertical.

**Figura 39.**  
Calibración de Brújula.



## 5. Cerrar DJI FLY y Abrir DroneLink:

Cerrar el software DJI FLY después de la calibración y abrir DroneLink.

Cargar la planificación del vuelo previamente realizada.

## Ejecución del Vuelo Automatizado

### 1. Iniciar Misión:

Dirigirse a la sección de información del estado del dron en DroneLink.

Si el dron muestra el estado "Listo para volar", iniciar la misión.

### 2. Monitorear el Vuelo:

Supervisar el vuelo automatizado según la planificación.

Suspender la misión si la batería cae por debajo del 30% y realizar el cambio de batería si es necesario.

### **3. Captura de Datos Adicionales:**

Realizar varios levantamientos desde diferentes ángulos para captar mayor información y garantizar un modelado 3D preciso y detallado.

### **Fase 3: Procesamiento de datos**

Características del computador usado para Procesamiento Fotogramétrico de la Hacienda Tilipulo.

El procesador usado es un Intel Core i9 de 12ª generación. Este modelo cuenta con 16 núcleos, divididos en 8 núcleos de rendimiento (P-cores) y 8 núcleos de eficiencia (E-cores). Los 24 subprocesos permiten manejar múltiples tareas simultáneamente. La frecuencia base de los P-cores es de 3.7 GHz y la de los E-cores es de 2.7 GHz, con una frecuencia turbo que puede alcanzar hasta 5.2 GHz. Además, posee una caché de 30 MB Intel Smart Cache, lo que mejora el acceso rápido a los datos más utilizados.

#### **Memoria RAM**

El equipo tiene una capacidad de memoria RAM de 128 GB. La RAM puede ser del tipo DDR4 o DDR5, dependiendo de la configuración específica. La velocidad de la memoria es de 3200 MHz para DDR4 y 4800 MHz o superior para DDR5. La configuración en múltiples canales ayuda a optimizar el rendimiento.

#### **Sistema de Refrigeración**

Este computador utiliza un sistema de refrigeración líquida. Incluye un radiador triple de 360 mm y tres ventiladores

de 120 mm con control PWM, lo que asegura una gestión eficiente del calor. Es compatible con los sistemas de montaje estándar para los sockets Intel LGA 1700.

#### **Almacenamiento**

El almacenamiento del equipo es sólido (SSD NVMe) con una capacidad de 2 TB. La velocidad de lectura puede alcanzar hasta 7000 MB/s, mientras que la velocidad de escritura puede llegar a 5000 MB/s, dependiendo del modelo. Además, soporta PCIe 4.0 para maximizar el rendimiento.

#### **Tarjeta Gráfica (GPU)**

La tarjeta gráfica es una NVIDIA GeForce RTX 3090, que cuenta con 24 GB de memoria GDDR6X. Esta GPU tiene 10496 núcleos CUDA, una velocidad de reloj base de 1.40 GHz y una velocidad de boost de 1.70 GHz. El ancho de banda de memoria es de 936 GB/s. Además, incluye características avanzadas como ray tracing de segunda generación y DLSS de tercera generación.

#### **Otras Características**

Sistema Operativo: El computador puede ejecutar Windows 10 Pro (64-bit) o Windows 11 Pro.

Puertos de Conexión: Incluye múltiples puertos USB 3.2 Gen 2, compatibilidad con HDMI 2.1 y DisplayPort 1.4a.

Conectividad: Soporta Wi-Fi 6E, Bluetooth 5.2 y Ethernet 2.5G para conexiones rápidas y estables.

**Figura 40.**  
Características del Ordenador.

Elemento	Valor
Nombre del SO	Microsoft Windows [1] PNT
Version	10.0.22021 (instalación ZH87)
Descripción adicional del SO	no disponible
Fabricante del SO	Microsoft Corporation
Nombre del sistema	QUAD PC
Fabricante del sistema	4925
Modelo del sistema	System Product Name
Tipo de sistema	64-bit AMD PC
GPU del sistema	GPU
Procesador	11th Gen Intel(R) Core(TM) i9-12900K, 2008 MHz, 16 procesador
Velocidad y fecha de BIOS	American Megatrends v0.3101.0r1.0001
Version de SMBIOS	3.4
Version de controladora almacenamiento	384.183
Modo de BIOS	UEFI
Fabricante de la placa base	ASUS COMPUTER INC.
Producto placa base	ROG MAXIMUS Z690 HERO
Version de la placa base	0601.130
Roll de plataforma	Desktop
Estado de arranque seguro	Desactivado
Configuración de PCET	Se necesita elevación de privilegios para ver
Directorio de Windows	C:\Windows
Directorio del sistema	C:\Windows\system32
Dispositivo de arranque	{DeviceHarddiskVolume1}
Configuración regional	es-ES
Código de actualización de hardware, número de actualiz	Version = "11B022021.2001" ID:00-PC:0401D0
Tamaño física	Marca del: ROG00, Suficiente
Memoria física instalada (RAM)	128 GB
Memoria física total	128 GB
Memoria física disponible	42.3 GB
Memoria virtual total	128 GB
Memoria virtual disponible	128 GB
Espacio de archivo de paginado...	128 GB

### 1. Obtener el Software Agisoft Metashape

Descargar e Instalar: Visita el sitio web oficial de Agisoft para descargar e instalar Metashape.

**Figura 41.**  
Aplicación Metashape, Agisoft.



### 2. Iniciar un Nuevo Proyecto

Abrir Agisoft Metashape: Inicia el programa.

Nuevo Proyecto: Ve a "Archivo" > "Nuevo" para iniciar un

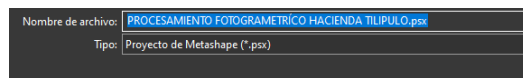
nuevo proyecto.

**Figura 42.**  
Aplicación Metashape, Agisoft.



Asignar Nombre: Guarda el proyecto con un nombre significativo.

**Figura 43.**  
Aplicación Metashape, Nuevo Proyecto.



### 3. Añadir Fotografías

Añadir Fotos: Ve a "Flujo de trabajo" > "Añadir Fotos" o utiliza el botón correspondiente en la barra de herramientas.

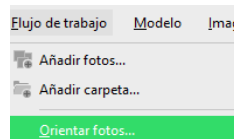
**Figura 44.**  
Aplicación Metashape, Añadir Fotos.



Seleccionar Fotografías: Escoge las fotografías deseadas para el procesamiento.

Revisión de Fotos: Asegúrate de que las fotos no incluyan cielo visible ni demasiado brillo para mejorar la precisión del procesamiento.

**Figura 45.**  
Aplicación Metashape, Orientar Fotos.



#### 4. Orientar Fotos

Orientar Fotos: En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Orientar fotos".

Configuración de Orientación: En la ventana emergente, configura los parámetros:

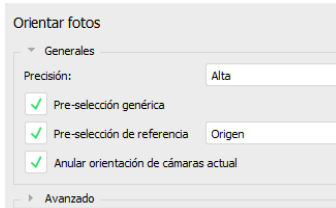
Calidad: Selecciona la calidad deseada (alta o máxima).

Pre-selección Automática: Activa esta opción.

Pre-selección de Referencias: Activa y selecciona "Origen".

Calidad de Orientación: Se ocupa la calidad Alta para tener una buena calidad.

**Figura 46.** Aplicación Metashape, Orientar Fotos, parámetros.



#### 5. Convertir Referencias

Referencia: Dirígete a la pestaña "Referencia".

Convertir Referencia: Selecciona "Convertir referencia".

Configuración de Coordenadas: En la ventana emergente, selecciona:

Sistema de Coordenadas: Especifica las coordenadas de tu proyecto.

Ángulos de Rotación: Selecciona "Giñada, Cabeceo, Alabeo".

Cámara y Marcadores: Activa estos ítems.

**Figura 47.** Aplicación Metashape, Referencias geográficas.

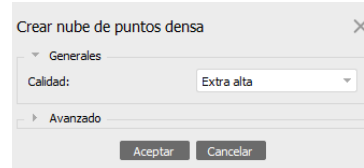


#### 6. Crear Nube de Puntos Densa

Nube de Puntos Densa: En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Crear nube de puntos densa".

Configuración de Calidad: En este caso usamos calidad extra Alta.

**Figura 48.** Aplicación Metashape, Creación de nube de puntos.



#### 7. Crear Malla

Crear Malla: En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Crear malla".

Configuración General:

Origen de Datos: Selecciona "Nube de puntos densa".

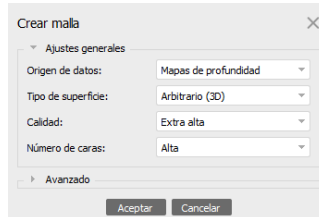
Tipo de Superficie: Selecciona "Arbitrario 3D".

Calidad: Extra Alta.

Número de Caras: Alta.



**Figura 49.**  
Aplicación Metashape, Creación de malla.



## 8. Crear Modelo de Teselas

Modelo de Teselas: En la pestaña "Flujo de trabajo", selecciona "Crear modelo de teselas".

Configuración General:

Origen de los Datos: Selecciona la fuente de los datos.

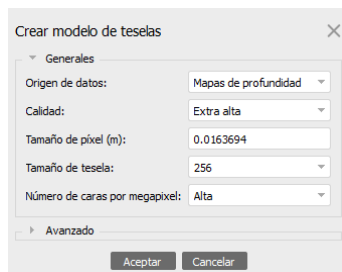
Calidad: Selecciona la calidad deseada.

Tamaño del Pixel: Especifica el tamaño del pixel.

Tamaño de Teselas: Configura el tamaño adecuado.

Número de Caras por Megapixel: Ajusta según sea necesario.

**Figura 50.**  
Aplicación Metashape, Creación modelo de teselas.



## 9. Crear Ortomosaico

1. Ortomosaico: Utiliza la opción en la pestaña "Flujo de trabajo" para crear un ortomosaico.

2. Configuración:

Elegimos la opción geográfica dentro de esta colocamos las coordenadas WGS 72BE /UTM zone 17 s

Superficie: Elegimos Modelo

Modo de Mezcla colocamos ( Mosaico por defecto)

Activamos las opciones:

Refinar líneas de costura

Permitir cierre de agujeros

Ocultar vista de caras invertidas

Tamaño por pixel m : (0.016)

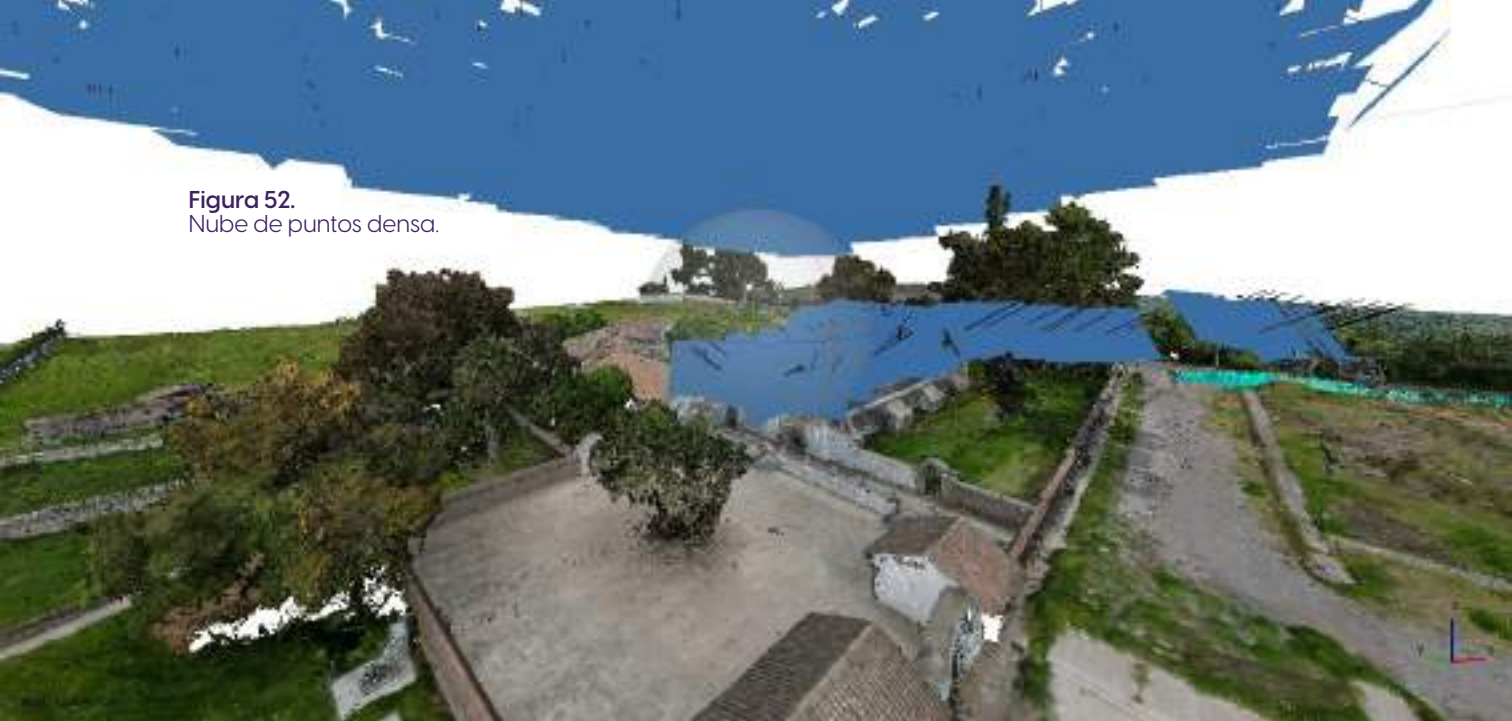
Siguiendo estos pasos podemos conseguir una ortofoto adecuada y Georeferenciada.

**Figura 51.**  
Aplicación Metashape, Creación de ortomosaico.



PRODUCTOS

**Figura 52.**  
Nube de puntos densa.



**Figura 53.**  
Puntos de paso.





Figura 54.  
Modelado 3D.



Figura 55.  
Modelado 3D

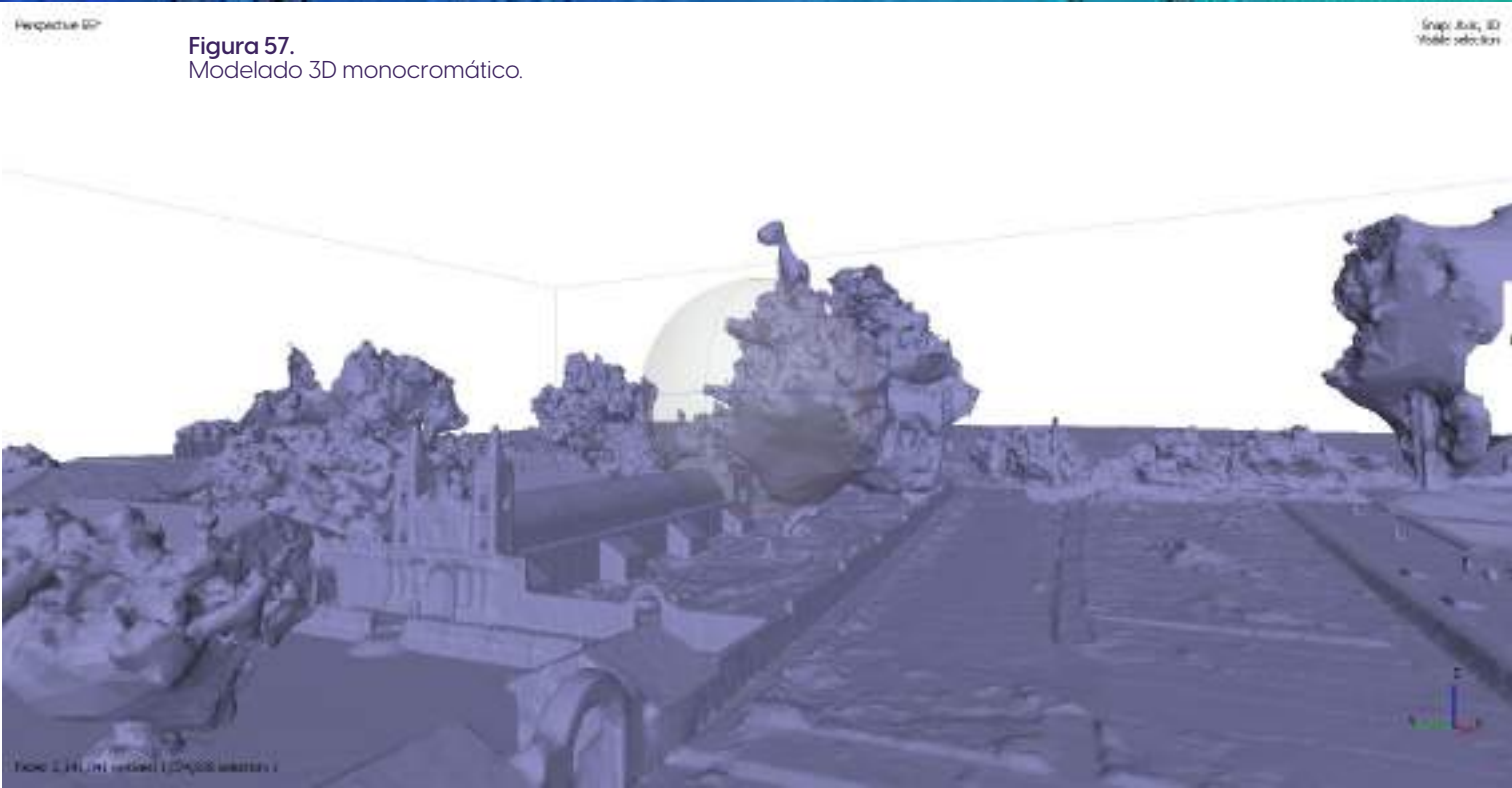
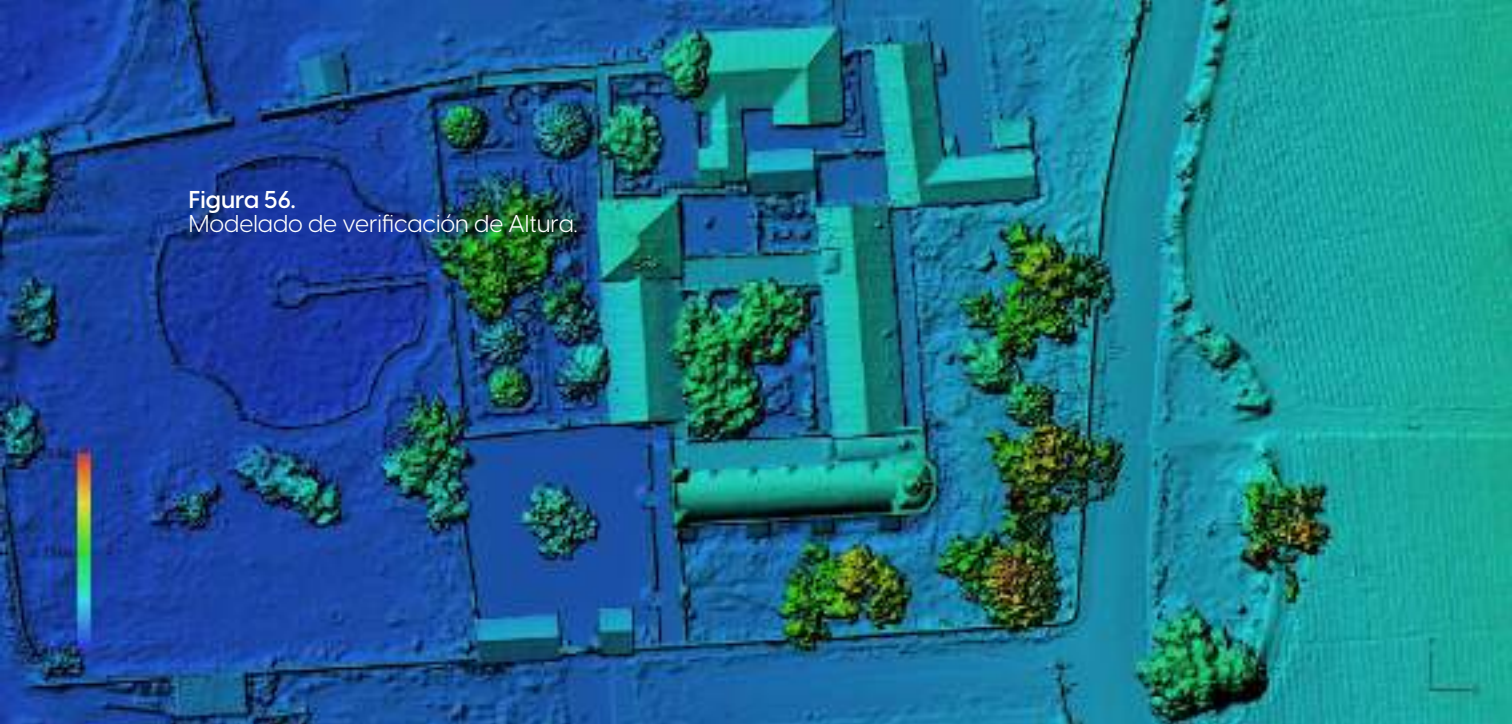


Figura 58.  
Ortofoto Hacienda Tilipulo.





**Figura 59.**  
Ortofoto Fachada Posterior Iglesia, Hacienda Tilipulo.



**Figura 60.**  
Ortofoto Fachada Lateral Izquierda, Hacienda Tilipulo.







**Figura 61.**  
Ortofoto Fachada Lateral Izquierda Iglesia, Hacienda Tilipulo.



**Figura 62.**  
Ortofoto Fachada Lateral Derecha Iglesia, Hacienda Tilipulo.





**Figura 63.**  
Ortofoto Fachada Frontal Iglesia, Hacienda Tilipulo.



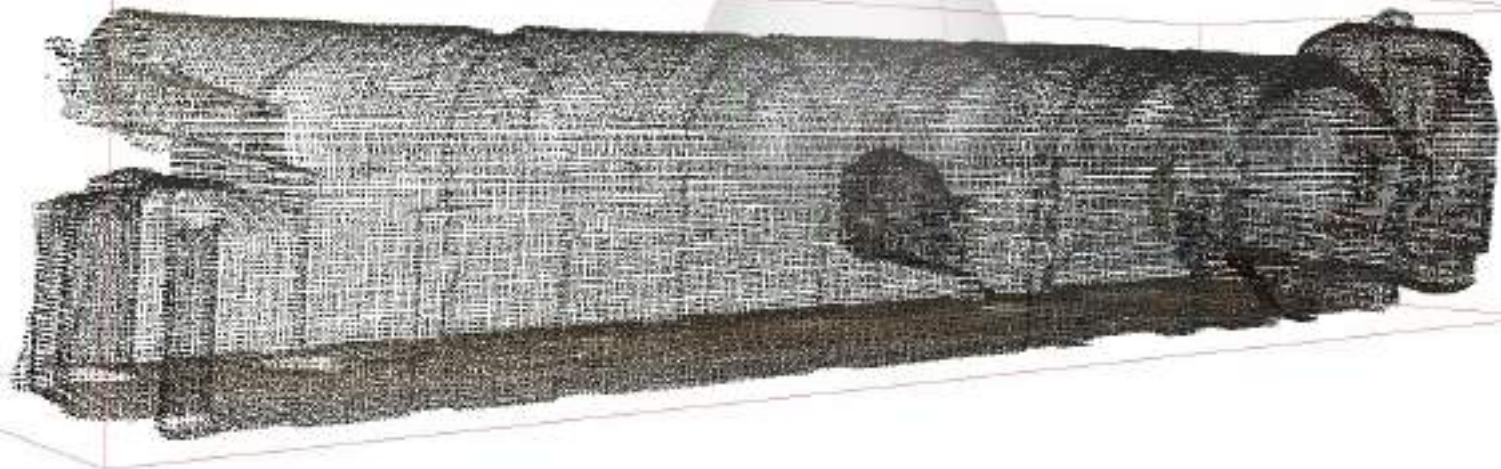
**Figura 64.**  
Ortofoto Fachada Frontal Iglesia, Hacienda Tilipulo.



Figura 65.  
Ortofoto Altar Interior Iglesia Hacienda Tilipulo



**Figura 66.**  
Nube de puntos Iglesia, Hacienda Tilipulo.



PROF. DR. JAVIER LÓPEZ

**Figura 67.**  
Modelado 3D, Hacienda





Figura 68.  
Modelado 3D, Hacienda Tilipulo.



Figura 69.  
Modelado 3D, Hacienda Tilipulo.



Figura 70.  
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.



Figura 71.  
Impresión 3D, Hacienda Tilipulo.



Figura 72.  
Impresión 3D, Hacienda Tilipulo.



**Figura 73.**  
Impresión3D, Hacienda Tilipulo



**Figura 74.**  
Impresión3D, Hacienda Tilipulo.





CONCLUSIONES

## CONCLUSIÓN DE LA APLICACIÓN METODOLÓGICA.

Para cumplir con los objetivos de la investigación, se llevaron a cabo entrevistas a especialistas en fotogrametría, lo que permitió identificar las mejores prácticas y técnicas más avanzadas en el campo. Además, se realizó un análisis de casos de estudio documentados, lo que proporcionó un marco comparativo y aplicable para la implementación en la Hacienda Tilipulo. Finalmente, se desarrolló una guía técnica, asegurando que el levantamiento fotogramétrico se llevara a cabo con los más altos estándares de precisión y calidad.

### Conclusión OE1.\_ Identificación de la Metodología de Fotogrametría mediante Entrevistas a Especialistas.

Las entrevistas realizadas a especialistas en fotogrametría han permitido identificar una metodología precisa para la documentación de edificaciones patrimoniales. Los expertos coincidieron en la importancia de planificar meticulosamente el levantamiento, seleccionar el equipo adecuado, y utilizar condiciones climáticas óptimas para la captura de imágenes. Estas entrevistas subrayaron la necesidad de emplear técnicas avanzadas y software especializado para asegurar la precisión y calidad de los datos obtenidos. La información obtenida de los especialistas ha sido crucial para desarrollar una guía técnica detallada que garantiza la implementación efectiva de la fotogrametría gracias a la experiencia de estos expertos.

### Conclusión OE2. Análisis de la Aplicación de Fotogrametría en Levantamientos de Edificaciones Patrimoniales mediante una Búsqueda Documental.

El análisis documental de casos de estudio ha demostrado que la fotogrametría es una herramienta esencial para la documentación precisa de edificaciones patrimoniales. La revisión de literatura y casos específicos, como la Torre de la

Calahorra en Elche y otros proyectos en Ecuador y Europa, ha evidenciado la efectividad de la fotogrametría para capturar datos precisos y detallados. Estos estudios han mostrado cómo la fotogrametría facilita la conservación y restauración, proporcionando una base sólida para el análisis detallado y la intervención en bienes patrimoniales.

### Conclusión OE3.\_ Elaborar una guía procedimental de aplicación para fotogrametría en levantamiento de arquitectura patrimonial.

La guía procedimental creada destaca la importancia de una metodología estructurada para garantizar la conservación precisa de las edificaciones patrimoniales. La guía desarrollada permite documentar con exactitud los detalles arquitectónicos, preservando las características tangibles de los edificios históricos. A través de la fotogrametría, se asegura la captura de datos precisos que reflejan la autenticidad del patrimonio, facilitando su conservación y restauración sin comprometer su valor cultural. Esta guía también establece pasos clave, desde la planificación hasta el procesamiento de imágenes y la creación de modelos 3D, que permiten a los profesionales seguir un procedimiento riguroso, alineado con normativas y buenas prácticas internacionales.



RECOMENDACIONES

## Recomendaciones para los resultados fotogramétricos

A lo largo de la investigación, se ha observado que los productos fotogramétricos tienen una amplia gama de aplicaciones, que abarcan desde la conservación y restauración hasta la educación y el marketing, contribuyendo significativamente a la preservación y valorización del patrimonio cultural.

### Maquetas táctiles:

Las maquetas táctiles son modelos físicos a escala creados a partir de datos fotogramétricos. Estas permiten la visualización y el estudio detallado de edificios y sitios patrimoniales, proporcionando una experiencia tangible que es especialmente útil en contextos educativos y exhibiciones. Además, son accesibles para personas con discapacidades visuales, permitiéndoles experimentar el patrimonio cultural de manera táctil, haciéndolo más inclusivo y accesible.

### Recorridos virtuales:

Los recorridos virtuales, desarrollados a partir de modelos 3D fotogramétricos, ofrecen experiencias inmersivas que permiten a los usuarios explorar edificaciones y sitios patrimoniales de forma remota. Esta tecnología se usa en el turismo virtual y en museos, proporcionando acceso a lugares de difícil acceso o cerrados al público, lo que enriquece la experiencia del visitante al ofrecer una comprensión más profunda del patrimonio cultural.

### Realidad aumentada (AR):

La integración de modelos 3D fotogramétricos en aplicaciones de realidad aumentada permite superponer información digital sobre el entorno físico real. Esta tecnología es ampliamente utilizada en el turismo y la educación para enriquecer la experiencia del visitante, proporcionando información adicional y detallada sobre los sitios patrimoniales, facilitando la interacción con el patrimonio de una manera innovadora y atractiva.

### Conservación y restauración:

La fotogrametría juega un papel crucial en la conserva-

ción y restauración de edificios patrimoniales. La documentación detallada obtenida mediante esta técnica permite planificar y ejecutar proyectos de conservación y restauración con gran precisión. Los registros fotogramétricos, antes y después de las intervenciones, son esenciales para evaluar el impacto de las técnicas de conservación y asegurar la preservación del patrimonio cultural a largo plazo.

### Planificación urbana y arquitectónica:

Los modelos fotogramétricos son herramientas valiosas en la planificación y diseño de proyectos arquitectónicos y urbanos. Estos permiten analizar la integración de nuevas construcciones en contextos históricos y evaluar su impacto visual y estructural. La fotogrametría facilita la toma de decisiones informadas para el desarrollo urbano sostenible, asegurando que se respete el entorno histórico y patrimonial.

### Investigación y análisis científico:

En el ámbito de la investigación, los datos fotogramétricos proporcionan una base detallada para el estudio de la estructura, materiales y patologías de edificios patrimoniales. Esta información es crucial para entender la historia y evolución de las edificaciones y planificar intervenciones de conservación. En arqueología, la fotogrametría permite documentar y analizar sitios y artefactos con gran precisión, mejorando el análisis científico.

### Educación y capacitación:

Los modelos 3D y recorridos virtuales basados en fotogrametría son herramientas efectivas en programas educativos para enseñar historia, arquitectura y técnicas de conservación. Los profesionales del sector también se capacitan en el uso de estas herramientas, mejorando sus habilidades en la documentación y preservación del patrimonio cultural.

### Simulación y planificación de desastres:

La fotogrametría permite modelar edificaciones y sitios patrimoniales para simular escenarios de desastres y planificar respuestas de emergencia. Esta técnica es vital para evaluar riesgos y desarrollar estrategias de mitigación que protejan el patrimonio cultural frente a desastres naturales o provocados por el hombre.

#### Marketing y promoción:

En el ámbito del marketing, los productos fotogramétricos generan contenido visual atractivo para la promoción turística y cultural de sitios patrimoniales. Aplicaciones interactivas y material promocional basado en fotogrametría atraen a los visitantes, fomentando el interés en el patrimonio cultural y contribuyendo al desarrollo del turismo cultural.

#### Mapeo y cartografía:

Los datos fotogramétricos se utilizan para generar mapas precisos y detallados de sitios y áreas urbanas. Estos mapas son fundamentales en sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis espacial y la gestión de recursos, facilitando la toma de decisiones en la planificación y desarrollo urbano.

#### Turismo interactivo:

La fotogrametría también se ha convertido en una herramienta clave para el desarrollo de experiencias turísticas interactivas. Al generar modelos digitales detallados de sitios patrimoniales, se crean aplicaciones que permiten a los turistas explorar de manera virtual antes de visitar o profundizar en aspectos históricos mientras están en el lugar. Esta interactividad no solo mejora la experiencia del visitante, sino que también promueve un turismo más inclusivo, brindando acceso a personas que no pueden desplazarse físicamente a los sitios históricos.

#### Preservación digital:

Un aspecto crucial de la fotogrametría es su contribución a la preservación digital del patrimonio cultural. Al generar modelos tridimensionales precisos, se conserva una versión digital de las estructuras históricas que puede ser utilizada para futuros estudios, restauraciones o recreaciones en caso de daños o destrucción del bien físico. Este es un aspecto especialmente importante en zonas de alto riesgo por desastres naturales o conflictos, donde la preservación física podría no ser posible a largo plazo.

#### Restauración virtual:

El uso de la fotogrametría permite no solo documentar el

estado actual de un sitio, sino también realizar restauraciones virtuales que muestran cómo eran estas estructuras en su época original. Estos modelos virtuales pueden servir para estudios históricos, así como para exhibiciones en museos o plataformas digitales, donde los visitantes pueden visualizar cómo ha cambiado un edificio a lo largo de los años y entender mejor los esfuerzos de conservación.

#### Simulación de intervenciones:

Otra aplicación de gran importancia es la posibilidad de simular diferentes técnicas de intervención en un modelo digital antes de aplicarlas en el edificio real. Esto no solo permite prever los efectos de diferentes técnicas de restauración, sino que también ayuda a evitar errores costosos o daños involuntarios en las estructuras originales. La capacidad de predecir cómo reaccionará el edificio ante las intervenciones aumenta la precisión y eficacia de los proyectos de conservación.

#### Difusión cultural:

En la era digital, la difusión del conocimiento cultural y patrimonial es clave para su valorización. Los modelos 3D, recorridos virtuales y reconstrucciones históricas desarrollados a partir de la fotogrametría se pueden compartir en plataformas en línea, permitiendo que el patrimonio cultural alcance una audiencia global. Esto no solo educa a las personas sobre la importancia de la conservación, sino que también puede generar interés y apoyo financiero para los esfuerzos de restauración y preservación.

#### Recreación en la industria del entretenimiento:

La fotogrametría ha comenzado a desempeñar un papel importante en la industria del entretenimiento, particularmente en la creación de entornos realistas para películas, videojuegos y experiencias de realidad virtual. Los sitios históricos y edificaciones patrimoniales pueden ser recreados con una precisión asombrosa, lo que permite que los usuarios experimenten estos lugares de una manera inmersiva, a la vez que se fomenta el interés por el patrimonio cultural.

#### Archivos históricos:

Los archivos de los modelos fotogramétricos también se utilizan para crear registros históricos detallados que pueden



ser consultados por generaciones futuras. Estos registros son invaluable no solo para la investigación histórica, sino también para los esfuerzos continuos de conservación y restauración. Tener un modelo preciso de cómo era una estructura en un momento determinado permite realizar comparaciones en el tiempo, lo que ayuda a identificar problemas estructurales o deterioro progresivo.

Innovación en técnicas de enseñanza:

En el ámbito educativo, la fotogrametría ha revolucionado la manera en que los estudiantes de arquitectura, arqueología y conservación del patrimonio aprenden sobre sus disciplinas. Los modelos tridimensionales y los recorridos virtuales permiten a los estudiantes analizar y estudiar sitios históricos sin necesidad de viajar, facilitando el acceso a una educación más inclusiva y práctica. Además, fomenta la innovación en los métodos de enseñanza, al permitir la creación de simulaciones interactivas que replican escenarios reales de conservación y restauración.

Investigación interdisciplinaria:

La capacidad de la fotogrametría para capturar datos precisos también ha fomentado la colaboración interdisciplinaria entre arquitectos, ingenieros, historiadores y científicos. Los datos fotogramétricos pueden ser utilizados para estudios estructurales, análisis de materiales, investigación arqueológica, entre otros, permitiendo que los expertos de diferentes campos colaboren en la preservación del patrimonio cultural desde una perspectiva más integral.

En resumen, la fotogrametría no solo ofrece una herramienta avanzada para la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico, sino que también abre un abanico de posibilidades en los campos del turismo, la educación, el marketing, la planificación urbana y la investigación científica. Su capacidad para generar modelos tridimensionales precisos, junto con su enfoque no invasivo, la convierte en una técnica esencial para la preservación del patrimonio cultural en el siglo XXI.



Figura 75.  
Fotogrametría aplicada



# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Mora, A. (1995). Conservación del patrimonio, restauración arquitectónica y recomposición elitista de los espacios urbanos históricos. Lección de apertura del curso académico 1995-96.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (1979). Ley de Patrimonio Cultural. Registro Oficial, 770. <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/ley-de-patrimonio-cultural>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016a). Ley Orgánica de Cultura. Registro Oficial, 913. <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/ley-organica-de-cultura>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016b). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. Registro Oficial, 790. <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/ley-organica-de-ordenamiento-territorial-uso-y-gestion-del-suelo>
- Australia ICOMOS. (2013). Carta de Burra: Directrices para la Conservación del Patrimonio de Lugares de Significado Cultural. <https://australia.icomos.org/publications/charters/>
- Basile, S. (2023, mayo 17). Historia, patrimonio y proyecto arquitectónico: Roles, relaciones y puntos de contacto. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. <https://example.com>
- Bates, M., & Falkingham, P. (2021). Heritage and landscape change: Recording, archiving, and monitoring using photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.jcups.2021.01.007>
- Bolognini, N., Ferretti, A., & Manfredini, M. (2019). Quality assessment of photogrammetric models for the documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.jcups.2019.05.005>
- Cabrera García, V. M., & Valiente Ochoa, E. (2020, diciembre 30). Revitalizar el patrimonio. Dialnet. <https://example.com>
- Canon, Nikon, Sony. (2023). Cámaras DSLR. <https://www.canon.es/> / <https://www.nikon.es/> / <https://www.sony.es/>
- Capturing Reality. (2023). RealityCapture. <https://www.capturingreality.com>
- Carreton, A. (2023). El patrimonio arquitectónico. Patrimonio Inteligente. <https://patrimoniointeligente.com/el-patrimonio-arquitectonico/>
- Carta de Venecia. (1964). Principios de Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios. [https://www.icomos.org/charters/venice\\_e.pdf](https://www.icomos.org/charters/venice_e.pdf)
- Chaparro, M. C. (2018, enero). Patrimonio cultural tangible: Retos y estrategias de gestión. <https://www.uub.edu/cultural/wp-content/uploads/2018/03/Chaparro-Camila.-Patrimonio-cultural-tangible.pdf>
- De Paula, A. (2002, noviembre 1). Patrimonio cultural tangible e intangible. Jornadas Nacionales Año de las Naciones Unidas Del Patrimonio Cultural. <https://sic.cultura.gob.mx/documentos/1195.pdf>
- Decreto Ejecutivo 1428. (2016). Reglamento General a la Ley Orgánica de Cultura. Registro Oficial, 1005. <https://www.presidencia.gob.ec/decreto-ejecutivo-no-1428/>
- DJI. (2023). Drones de fotogrametría. <https://www.dji.com/es/>

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Latacunga. (2018). Ordenanza 62 de Creación del Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural del Cantón Latacunga. <https://www.latacunga.gob.ec/ordenanza-62-fondo-salvamento-patrimonio-cultural>
- González, F. (2023). Processing historical photographs and film footage with photogrammetry [PhD Thesis, University of Barcelona].
- Gruen, A., & Zhang, L. (2020). Smart and Digital Cities: From Research to Practice. Springer.
- Hofmann, A., Künzer, C., & Klinka, E. (2019). Introduction to photogrammetry and remote sensing. *Remote Sensing*, 11(4), 477. <https://doi.org/10.3390/rs11040477>
- Hsu, W., Su, L., & Chang, C. (2021). Camera calibration for computer vision: Theory and practice. *Sensors*, 21(5), 1648. <https://doi.org/10.3390/s21051648>
- Jansen, R. (2020). Guided close range photogrammetry for 3D modelling of cultural heritage sites [PhD Thesis, University of Twente]. ITC Dissertation.
- Jiang, W., Zhang, L., & Liu, H. (2020). A comprehensive review of the state-of-the-art technologies for photogrammetry and remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 87, 102079. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102079>
- Karras, G. E., & Petsa, E. (2019). Photogrammetric applications for cultural heritage documentation. *ISPRS Archives*.
- Kowalski, P., & Nowak, M. (2022). Combination of terrestrial laser scanning and UAV photogrammetry for 3D modelling and degradation assessment of heritage building based on a lighting analysis: Case study—St. Adalbert Church in Gdansk, Poland. *Heritage Science*, 10, 39. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00671-4>
- Li, X., & Li, Z. (2019). Cost-benefit analysis of photogrammetry vs. LiDAR for mapping applications. *Geoinformatica*. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1536608>
- Liu, S., Zhang, L., & Han, Y. (2022). Recent advances in photogrammetry and remote sensing: A review of current practices and future trends. *Earth Science Reviews*, 228, 103321. <https://doi.org/10.1016/j.jearscrev.2022.103321>
- López, A. (2020). Métodos de diagnóstico para el deterioro del patrimonio arquitectónico. *Revista Iberoamericana de Conservación*, 22(2), 120-135. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-12/metodologia\\_conservacion\\_edificios\\_historicos-resiliencia\\_urbana\\_OO2.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-12/metodologia_conservacion_edificios_historicos-resiliencia_urbana_OO2.pdf)
- Mariana, C. (2007). Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/28228186\\_Teoria\\_de\\_la\\_conservacion\\_y\\_su\\_aplicacion\\_al\\_patrimonio\\_en\\_tierra](https://www.researchgate.net/publication/28228186_Teoria_de_la_conservacion_y_su_aplicacion_al_patrimonio_en_tierra)
- Pocobelli, D. P., & Boehm, J. (2018). Building information models for monitoring and simulation data in heritage buildings. *ISPRS Archives*, XLII-2, 4–7. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-4-2018>
- Remondino, F., & El-Hakim, S. (2018). Image-based 3D modelling: A review. *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG)*, 2018(1), 5–21. <https://doi.org/10.5194/pfg-2018-001>
- Remondino, F., & Gerke, M. (2018). 3D recording and modelling in archaeology and cultural heritage: Theory and best

practices. Archaeopress Publishing Ltd.

conventiontext/

Remondino, F., & Gherardi, M. (2022). 3D reconstruction and mapping for cultural heritage preservation. <https://doi.org/10.1186/s43238-022-00048-3>

Ziccardi, A. (2018). Conservación y desarrollo sustentable de centros históricos. [http://www.red-centros-hist.unam.mx/assets/conservacion\\_y\\_desarrollo\\_sustentable\\_de\\_centros\\_historicos.pdf](http://www.red-centros-hist.unam.mx/assets/conservacion_y_desarrollo_sustentable_de_centros_historicos.pdf)

Richards, G. (2018). The Routledge Handbook of Cultural Tourism. [https://www.researchgate.net/publication/332254945\\_The\\_Routledge\\_Handbook\\_of\\_Cultural\\_Tourism](https://www.researchgate.net/publication/332254945_The_Routledge_Handbook_of_Cultural_Tourism)

Rossi, M., & Sanchez-Aparicio, L. J. (2023). Condition assessment of heritage buildings via photogrammetry: A scoping review from the perspective of decision makers. *Heritage*, 6, 7031-7066. <https://doi.org/10.3390/heritage6030055>

Schonberger, J.L., & Frahm, J.M. (2016). Structure-from-motion revisited. <https://colmap.github.io>

Sanz-Ablanedo, E., del Pozo, S., Rodríguez-Sánchez, J. A., & García-Rodríguez, J. (2022). Recent advances in photogrammetry and computer vision for 3D reconstruction: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 187, 14-34. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.01.005>

Torres, C. (2014). La rehabilitación arquitectónica planificada. Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.re-dalyc.org/pdf/375/37535373006.pdf>

Turner, A., & White, D. (2020). 3D laser scanning and close-range photogrammetry for buildings. *ScienceDirect*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103206>

UNESCO. (1972). Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural. <https://whc.unesco.org/en/>



ANEXOS

Entrevista Semi-Estructurada para experto en fotogrametría a edificaciones

patrimoniales.

Introducción

Gracias por participar en esta entrevista. Estamos desarrollando una guía técnica para la

aplicación de la fotogrametría en el levantamiento del patrimonio edificado y buscamos

obtener conocimientos profundos a través de su experiencia. La entrevista se centrará en su

experiencia y conocimiento en la fotogrametría y la conservación del patrimonio.

Apreciamos mucho su tiempo y disposición para compartir su experiencia.

Preguntas

¿Podrías contarnos brevemente sobre su formación y experiencia en el campo de la

conservación del patrimonio y la fotogrametría?

¿Qué proyectos significativos ha dirigido o en los que ha participado que involucran

fotogrametría y conservación patrimonial?

¿Cuál es el enfoque general que sigue al iniciar un proyecto de fotogrametría para la

documentación de edificaciones patrimoniales?

¿Qué factores se consideran al planificar la ruta de vuelo para la captura de imágenes en

proyectos de conservación patrimonial?

¿Cuáles son los principales beneficios que se han observado al utilizar fotografía para la

documentación del patrimonio?

¿Cómo ha mejorado la fotogrametría el trabajo de conservación y restauración?

### Códigos Qr. Entrevistas

Figura 76.  
Codigo QR entrevistas Arq. Carlos Campoverde

#### Entrevista Arq. Carlos Campoverde



Figura 77.  
Codigo QR entrevistas Arq. Omar Delgado

#### Entrevista Arq. Omar Delgado





Petición para el desbloqueo zonas GEO DAGC

Quito, 29 de abril del 2024

Señora Mgs.

Silvia Victoria Vallejos Espinosa  
Directora General de Aviación Civil

**DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL DEL ECUADOR.**

CC: Señor Coronel.

Marco Alberto Guerrero Salazar  
Director de Certificación Aeronáutica y Vigilancia Continua (e)

**DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL DEL ECUADOR**

En su despacho. –

De mi consideración

Estimada Directora General de Aviación Civil, me dirijo a Usted para solicitar la autorización especial para volar una aeronave no tripulada pequeña con MTOW de 595g y otra 720 gramos, con el propósito de modelar un edificio en 3 dimensiones en la ciudad de Latacunga, la fecha sería entre los días 30 de abril y 5 de mayo del 2024. Se requiere un permiso especial porque la aeronave volará en las coordenadas descritas a continuación, a una altura inferior a los 80m AGL cerca al aeródromo -0.919506, -78.619189:

NÚMERO DE PUNTO	LATITUD	LONGITUD
Punto 1	-0.934690313183292	-78.62482845588025
Punto 2	-0.9312782418685459	-78.62665633031777
Punto 3	-0.9297581308996494,	-78.62164304937743
Punto 4	-0.9330723362949342,	-78.61991276389315

NÚMERO DE PUNTO	LATITUD	LONGITUD
Punto 1	-0.9292784074261802	-78.61738716167844
Punto 2	-0.9280662082149661	-78.61273621129023
Punto 3	-0.9344817758700702	-78.61602528010809
Punto 4	-0.9334229042148771	-78.61238245906269





Se adjunta la debida certificación.

**Drone 1**

Aeronave no Tripulada (Drone): AIR 2S

Marca: DJI

Número de serie: 3YT7KBM00350KG

Peso Máximo al Despegue (MTOW): 595 gramos

Zona: La Estación de Latacunga

**Drone 2**

Aeronave no Tripulada (Drone): AIR 3 Marca: DJI

Número de serie: 1581F6N8C237Q0032F0B

Peso Máximo al Despegue (MTOW): 720 gramos

Zona: Centro Histórico de Latacunga

Agradecido de antemano su atención y comprensión, quedo de usted muy atentamente.



Arquitecto Luis Soria  
Decano de la facultad de Arquitectura y Construcción  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA



## Universidad Indoamérica

### **Ambato**

Calle Bolívar 20-35 y Quito  
(03) 2 421713 / 2421452

### **Quito**

Machala y Sabanilla (Sector Cotacollao)  
(02) 3998227 / 3998238  
[www.uti.edu.ec](http://www.uti.edu.ec)