



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOESPACIAL

CREACIÓN DE GEMELOS DIGITALES DE BIENES PATRIMONIALES, MEDIANTE EL EMPLEO DE GEOTECNOLOGÍAS DIGITALES Y SU DIFUSIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES VR DISRUPTIVOS.

AUTORES:

Alba Quinteros, Jorge Enrique
Correa Parra Nadya Jazmín
Guanoluisa Paspuel Edison Alexander
Vásquez Orbe, Marcelo Alejandro
Yáñez Chuquitarco, Shirley Andrea

DIRECTOR DE PROYECTO:

Rodolfo Salazar, Ph.D

DIRECTOR DE CARRERA:

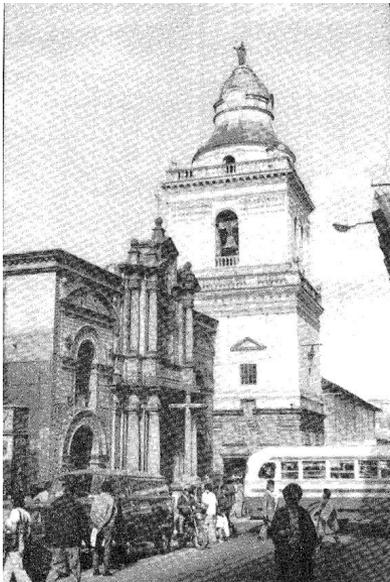
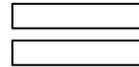
Robayo Alexander, MsC

MIEMBRO DEL TRIBUNAL:

Padilla Oswaldo, Ph.D



Restauración y documentación en caso de catástrofe



Fachada y torre de San Agustín de Quito

1755 varias iglesias sufrieron daños graves debido a un sismo en Quito.

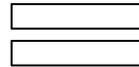
Terremoto en la ciudad de Quito en **1859**. San Agustín se desplomó la cúpula y una parte de la torre.

Entre **1913 y 1920**, nueva reconstrucción de la iglesia, la cual le dio su aspecto actual.

En **1868**, terremoto de Ibarra, todas las cubiertas del templo cayeron y destruyeron el interior.

Fuente: Jesús Paniagua Pérez, 1992

Turismo virtual



Ausencia de interés sobre el patrimonio histórico de la ciudad de Quito de parte de las nuevas generaciones.

Falta de difusión de la información referente a los bienes patrimoniales en medios web oficiales de cada iglesia, que faciliten el conocimiento histórico a las personas extranjeras y locales.



La mejor estrategia del turismo es dar una buena imagen.

ÁREA DE ESTUDIO



Ubicación geográfica de los bienes inmuebles patrimoniales

Fuente: Autores.



Objetivo General:

Creación de gemelos digitales de las iglesias de San Diego, San Agustín, El Sagrario y Conocoto, mediante el empleo de geotecnologías digitales y, su difusión en entornos virtuales VR disruptivos

Objetivo Específicos:

- Construir el modelo tridimensional 3D interno y externo.
- Diseñar y construir la geodatabase en diferentes presentaciones de formato y medio de visualización WEB (videos, modelos 3D, vistas 360, realidad aumentada, entre otros).
- Diseñar y construir el museo virtual VR y/o galería de exposición dinámicas en 3D.

MARCO TEÓRICO

CONCEPTO DE GEMELO DIGITAL

Un gemelo digital es un **modelo virtual** diseñado para reflejar con **precisión** un objeto físico. (IBM,2020)

Es una herramienta que **replica digitalmente** edificaciones, plantas industriales, sistemas o ciudades completas para gestionar su ciclo de vida.

A Través de modelos digitales se integran en un **único archivo**, relacionando documentación como fichas técnicas, programaciones de mantenimiento, registros de incidencias, visualizaciones tridimensionales, entre otras, que son accesibles mediante un clic en la vista tridimensional.

(Autodesk, 2020).



Fuente: Autodesk, 2021

CONCEPTO DE PATRIMONIO

PATRIMONIO

Es el **legado cultural que recibimos del pasado**, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras.

PATRIMONIO CULTURAL

Aquellos **bienes creados por el ser humano a lo largo de la historia**, que por su **importancia** buscan ser preservados para que puedan ser apreciados por las generaciones futuras.

Fuente: UNESCO, 2022

Fuente: Equipo editorial Etecé, 2022



HISTÓRICOS DE LAS IGLESIAS

Iglesia San Pedro de Conocoto

Ubicación

Se ubica en la parroquia de Conocoto, en las calles García Moreno N1-30 entre Luis A. Proaño y Pólit Lasso.

1922 - 1992

Construcción

La iglesia fue levantada en base a donaciones de la población de la parroquia.

1948

Consagración

Fue consagrada al Sagrado Corazón de Jesús por el Cardenal María de la Torre.



Fotografía Aérea, Iglesia San Pedro de Conocoto,
Elaboración propia.

Fuente: Iglesias Católicas, 2020

Convento Franciscano de San Diego

Ubicación

Está ubicada en el **centro histórico** de la ciudad de Quito, en la calle Calicuchima y Francisco Farfán.

1597

Fundación

Fue fundada por el padre Bartolomé Rubio, y es la primera recoleta de la Orden Franciscana en Ecuador y la segunda de Sudamérica.

1598 y 1750

Construcción

En 1603 la construcción de la iglesia culminó y en 1750 la construcción del convento fue terminada en su totalidad.



Fotografía Aérea, Convento Franciscano de San Diego, Elaboración propia.

Fuente: Museos Quito, 2015

Iglesia de El Sagrario

Ubicación

Está ubicada en el **centro histórico** de la ciudad de Quito en la calle García Moreno.

Construcción

1675 la Cofradía del Santísimo Sacramento y el arquitecto Fray Antonio Rodríguez quién inició la construcción. Y luego de su fallecimiento, el arquitecto José Jaime Ortiz fue quien terminó la construcción en 1715.

Obras

Dentro de la Iglesia se encuentran bellas obras como un fresco compuesto de 8 paños, realizado por Legarda desde 1742 hasta 1746.



Fotografía Aérea, Iglesia El Sagrario, Elaboración propia.

Fuente: Tabango Obaco, 2019

Iglesia de San Agustín

Ubicación

Está ubicada en el **centro histórico** de la ciudad de Quito entre las calles Guayaquil y Chile.

Construcción

1587 - 1875

En 1581 la Orden de San Agustín encargó al arquitecto Francisco de Becerra el diseño de la iglesia.

En 1606 Juan del Corral se comprometió a construir la iglesia

En 1659 y 1660 la parte central de la fachada fue diseñada y construida por Antonio Rodríguez.

En 1859 se produjo un terremoto en la ciudad de Quito. Y en 1868 el terremoto de Ibarra

En 1871 se iniciaron nuevas obras de reconstrucción y concluyeron en febrero de 1875.



*Fotografía Aérea, Iglesia de San Agustín,
Elaboración propia.*

Fuente: Jesús Paniagua Pérez, 1992



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

MARCO TEÓRICO

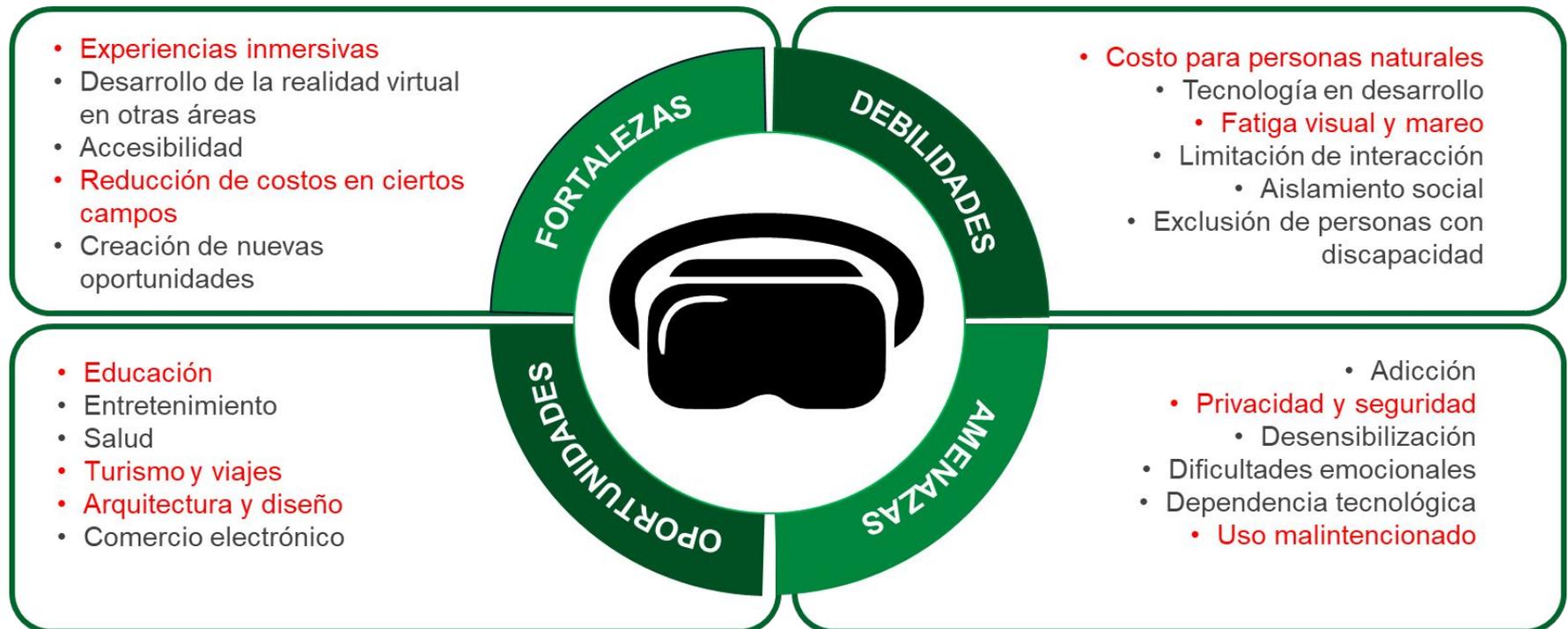
SOFTWARES UTILIZADOS

Software	Utilidad	Icono
Leica Infinity	Post procesamiento de coordenadas	
Agisoft Metashape	Realizar todos los procesos fotogramétricos tanto aéreos como terrestres.	
Cyclone 360	Enlace de todas las nubes de puntos resultantes y su georreferenciación.	
Blender	Generar los escenarios virtuales, escalar los modelos individuales.	
Unity	Generar todo el entorno representando al museo virtual/galería de exposición.	
Leica TrueView	Visualización de toda la nube generada con realidad virtual.	
DroneDeploy	Planificación de vuelo drone con todos sus parámetros.	
Visual Studio	Crear los scripts y líneas de código los cuales contienen todo lo relacionado con la física de videojuegos.	

REALIDAD VIRTUAL

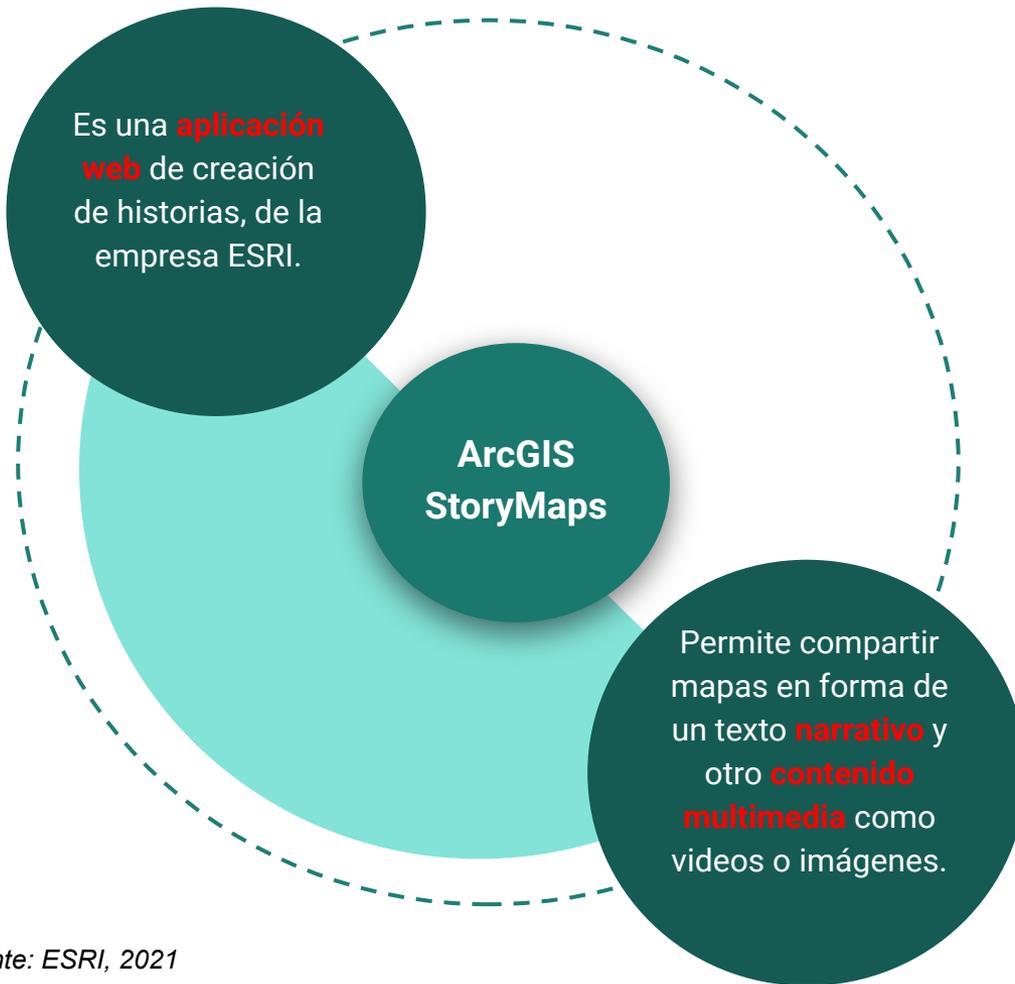
Conjunto de **técnicas informáticas que permiten crear imágenes y espacios simulados** en los que una persona puede desenvolverse dentro de ellos.

Fuente: Oxford, 2020



Fuente: Autores

STORY MAP



Fuente: ESRI, 2021



ArcGIS StoryMaps

Logotipo ArcGIS StoryMaps

LEGAL

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo

Capítulo II, Principios rectores y derechos orientadores del ordenamiento territorial y planeamiento del uso y gestión del suelo, artículo 7, Implicaciones de la función social y ambiental de la propiedad.

Ordenanzas municipales del Distrito Metropolitano de Quito

Título V, de la Protección del patrimonio documental del Distrito Metropolitano de Quito, artículo II.

Título V, capítulo II, Planificación y gestión de áreas patrimoniales, sección II, Inventario de Edificaciones Patrimoniales, artículo IV.

Título V, capítulo II, Planificación y gestión de áreas patrimoniales, sección III, Alcance y Formas de Intervención Arquitectónica, artículo IV.

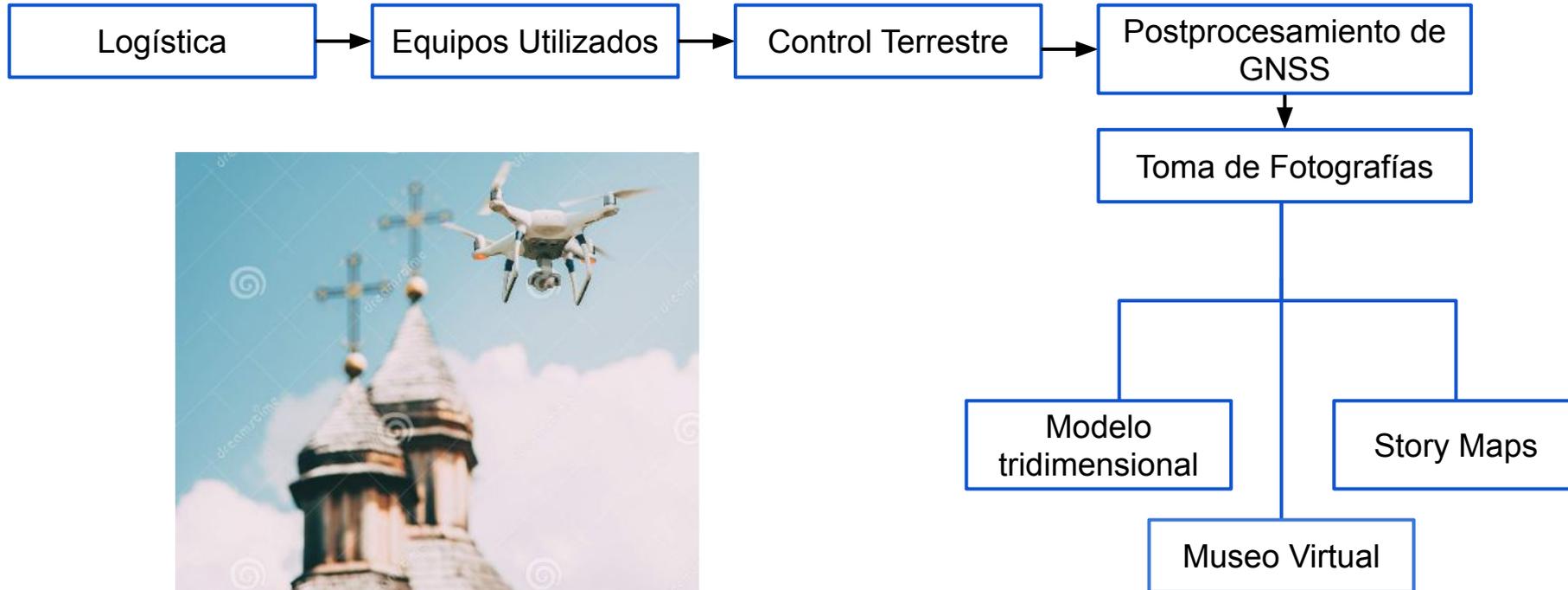
Constitución del Ecuador

Son deberes y responsabilidades de los ciudadanos el conservar el patrimonio cultural (...)

“Las competencias de los gobiernos municipales en la preservación y mantenimiento del patrimonio”

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA



Fuente: Dremstime, 2023

LOGÍSTICA

LUGAR	PERMISOS
Iglesia San Pedro de Conocoto	Párroco Manuel Lalangui
Iglesia y Convento de San Diego	Párroco Wilson Posligua
Iglesia del Sagrario	Párroco Fray David Auqui
Iglesia de San Agustín	Párroco José Miguel Asimbaya
Distrito de Policía Manuela Sáenz	Sr. Tcn. Héctor Patricio Vargas Cruz
Casa Militar Presidencial	Sr. Grab Iván Rodrigo Vásconez Hurtado

Fuente: Autores

METODOLOGÍA

EQUIPOS UTILIZADOS

CONOCOTO

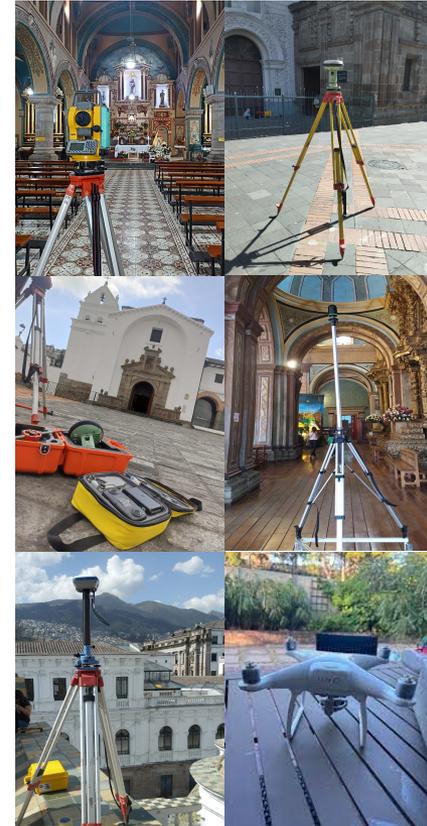
- Estación total marca Trimble, Modelo M3 de 5"
- Antena GNSS marca Trimble, modelo R8S
- Cámara con sensor Samsung S5KJN1
- Dron marca **DJI modelo Mavic Pro** con cámara de 12 megapíxeles

SAN DIEGO

- Estación total marca Stonex, modelo R20 de 2"
- Antena GNSS marca Leica, modelo GS15
- Cámara con sensor Samsung S5KJN1
- Dron marca **DJI modelo Phantom 4** con cámara de 12 megapíxeles
- Dron marca **DJI modelo Mavic Mini** con cámara de 12 megapíxeles

SAN AGUSTÍN y SAGRARIO

- Estación total marca Stonex, modelo R5 de 5"
- Antena GNSS marca Leica, modelo GS15
- Cámara con sensor Samsung S5KJN1
- Escáner láser marca Leica, modelo BLK360
- Dron marca DJI modelo Mavic Pro con cámara de 12 megapíxeles
- Dron marca DJI modelo Mavic Minicon cámara de 12 megapíxeles



Fuente: Autores



CONTROL TERRESTRE

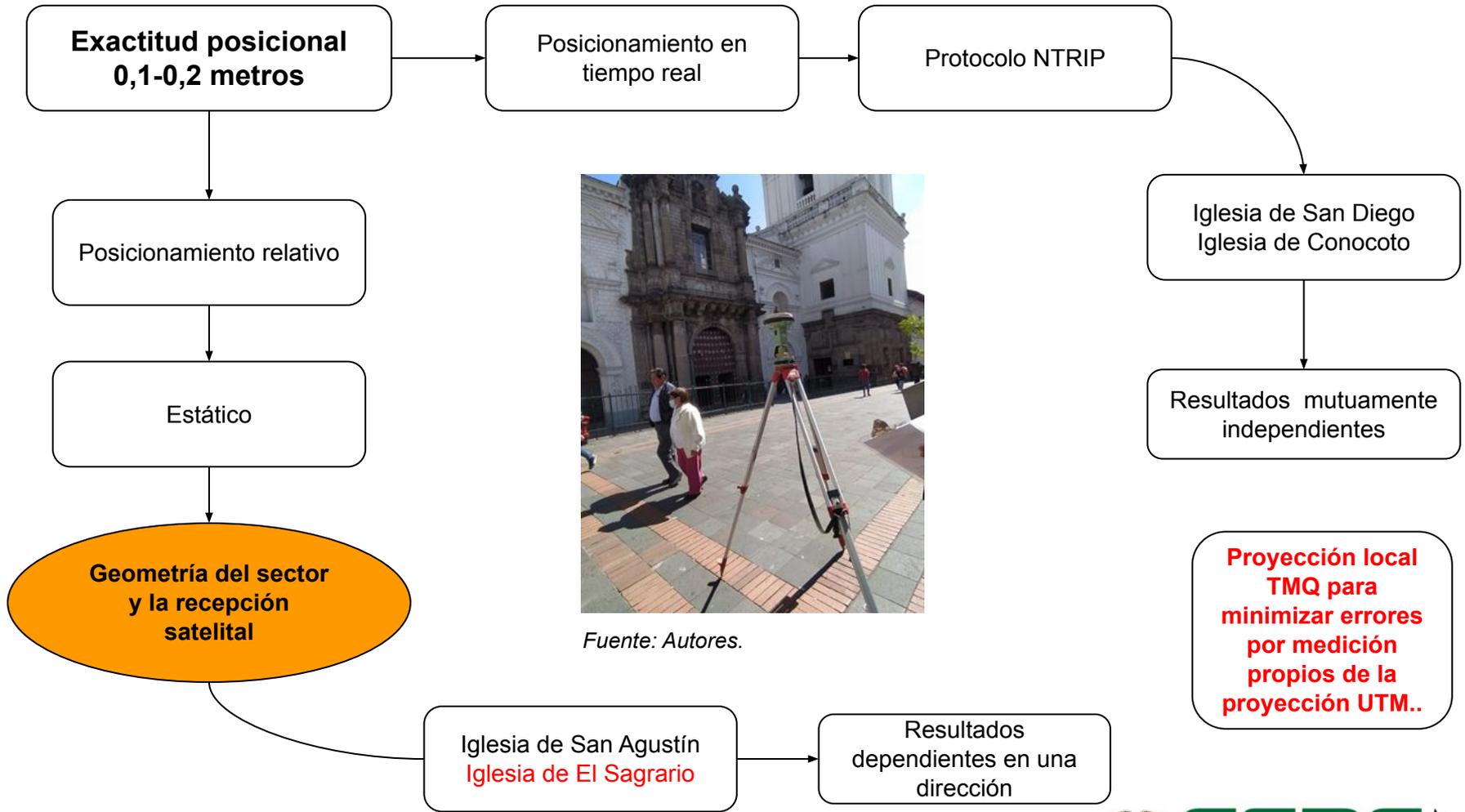
Parámetros de evaluación de la calidad de edificios tridimensionales.

Tipo de exactitud	Característica	Comentario	Posibles usos
Fidelidad geométrica	Geometría de tejados	Se requiere una exactitud entre 0,1-0,2 metros	Visualización y desarrollo de diseños urbanos
	Geometría completa del edificio	Son de interés las formas de tejados y fachadas	Análisis de riesgos
Exactitud posicional relativa	Posición y dimensiones de puertas y ventanas	Si es necesaria la geometría de los elementos, se requiere una exactitud entre 0,1-0,2 metros	Planificación de servicios de emergencias. Visualización para planificación urbanística

Fuente: Tabla extraída del libro *Fundamentos para la Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica*. (Ariza López, 2013, págs. 431-432)

METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE



Fuente: Autores.

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de Conocoto e Iglesia de San Diego



Intervisibilidad entre ellos y al interior de la iglesia

Tiempo de ocupación 5 minutos

Base cáster QUI1 y ECU_VIETIC_UIO



Fuente: Autores

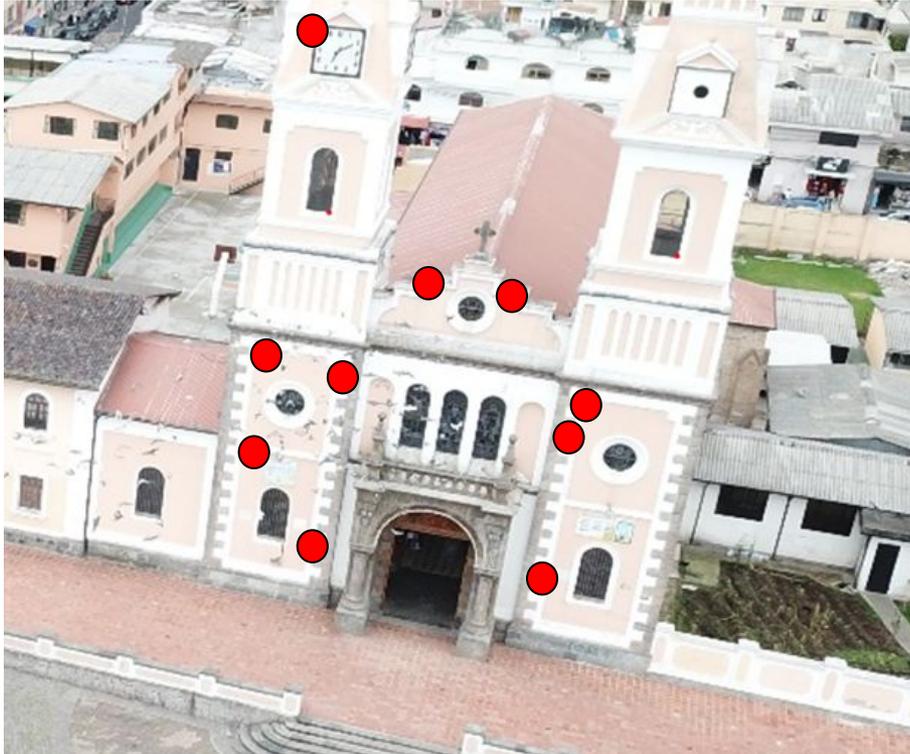
Fuente: Autores

Calidad 3D de 1,4 - 1,5 centímetros.

Calidad 3D de 1,7 - 1,9 centímetros.

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de Conocoto



Fuente: Autores

Se tomaron alrededor de **10 puntos de control en la fachada** de la iglesia de Conocoto, usando estación total.



Fuente: Autores

Se tomaron alrededor de **6 puntos al interior de la iglesia** con estación total y se usaron dianas reflectivas fotoidentificables.

METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Diego



Fuente: Autores

Se tomaron **2 puntos de control en la fachada** de la iglesia con estación total y **3 puntos de control en el techo** con un receptor GNSS mediante protocolo NTRIP. Afortunadamente hubo total acceso a la iglesia como tal, lo que permitió realizar una mejor distribución de los GCP.

Se tomaron **6 puntos de control al interior de la iglesia** con estación total y se usaron dianas reflectivas fotoidentificables.



Fuente: Autores



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario



Fuente: Autores



Fuente: Autores



Fuente: Autores

Se rastrearón **2 puntos** de manera simultánea, utilizando el método estático, con un tiempo de **2 horas** de toma de datos para cada uno de ellos.

Adicionalmente, se colocaron alrededor de **10 puntos de control en la fachada** principal de la iglesia de San Agustín con estación total.

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario



Fuente: Autores



Fuente: Autores



Fuente: Autores

Es importante aclarar que **la toma de puntos de control en las fachadas tanto en San Agustín como en El Sagrario, se realizaron a partir de coordenadas arbitrarias para optimizar el tiempo de trabajo y, posteriormente corregir su posición en gabinete.**

Adicionalmente, **para georreferenciar el escaneo láser terrestre se colocaron dianas** impresas en hojas en formato A4 (210x297mm), cuyas coordenadas se midieron a partir de puntos arbitrarios con estación total.

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario - Postproceso GNSS

El **postproceso** para obtener las coordenadas finales se realizó en el programa **Leica Infinity**. Tomando como **base** a la estación de monitoreo continuo **QUI1**.

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)	Calidad del punto (m)
LEICA215_SANAG1	498804,855	9975600,211	2837,885	0,008
LEICA372_SANAG2	498818,969	9975593,631	2837,503	0,001
LEICA2150_P1	498558,757	9975619,723	2817,953	0,002
LEICA3724_P2	498540,299	9975605,086	2818,260	0,001

Fuente: Autores

Sin embargo, se decidió realizar un **control de calidad indirecto** para validar los resultados, comparando la distancia medida con estación total con la distancia obtenida a partir de las coordenadas postprocesadas.

METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario - Control de calidad

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)	Distancia (m)	Error (m)	Bien inmueble
E1 (estación total)	497000	9997000	2800	15,579	0,007	Iglesia de San Agustín
E2 (estación total)	497014,635	9996994,658	2799,566			
LEICA215_SANAG1	498804,855	9975600,211	2837,885	15,572		
LEICA372_SANAG2	498818,969	9975593,631	2837,503			
E1 (estación total)	497000	9997000	2800	22,995	0,562	Iglesia de El Sagrario
E2 (estación total)	497021,143	9997009,04	2800,057			
LEICA2150_P1	498558,757	9975619,723	2817,953	23,557		
LEICA3724_P2	498540,299	9975605,086	2818,260			

Fuente: Autores



METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario - Arrastre de coordenadas



Fuente: Autores

Se optó por realizar un arrastre de coordenadas desde los puntos resueltos de la iglesia de San Agustín.

METODOLOGÍA

CONTROL TERRESTRE

Iglesia de San Agustín y El Sagrario - Arrastre de coordenadas

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)	Distancia (m)	Error (m)
E1	497000	9997000	2800	22,97	0,025
E2	497021,143	9997009,04	2800,057		
E1 SAGRARIO	498540,327	9975605,073	2843,510	23,002	
E2 SAGRARIO	498558,056	9975619,728	2843,58		

Fuente: Autores

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
E1 San Agustín	498804,855	9975600,211	2837,885
E2 San Agustín	498818,969	9975593,631	2837,503
E1 El Sagrario	498540,327	9975605,073	2843,51
E2 El Sagrario	498558,056	9975619,728	2843,58

Fuente: Autores

A partir de las coordenadas ya definidas tanto en San Agustín como en el Sagrario, se realizó la corrección posicional y angular por el uso de puntos de partida arbitrarios.



TOMA DE FOTOGRAFÍAS

Se realizaron **4 vuelos** con dron en cada iglesia, **2 vuelos circulares**, **1 de doble malla** y **un vuelo manual de las fachadas**, con la finalidad de mejorar la captura de los detalles al momento del procesamiento de los modelos.

Iglesia	Vuelo	Altura (m)	GSD (cm/pixel)	Entre fotos	Traslapo	Angulo de inclinación
Conocoto	Circular 1	50	3,06	10° entre fotos del vuelo circular	Los traslapos utilizados fueron de: 80 longitudinal y 60 transversal.	45° en vuelo circular y 70° en vuelo doble grilla
	Circular 2	50	3,06			
	Doble Malla	80	2,8			
San Diego	Circular 1	35	2,74			
	Circular 2	50	3,04			
	Doble Malla	70	2,45			
Sagrario	Circular 1	50	2,81			
	Circular 2	50	3,1			
	Doble Malla	52	1,82			
San Agustín	Circular 1	50	3,66			
	Circular 2	60	2,83			
	Doble Malla	60	2,01			

Fuente: Autores

TOMA DE FOTOGRAFÍAS

La captura de datos de la parte interior de las iglesias se realizó mediante toma de fotografías con una cámara con un **Cámara Samsung S5KJN1**, así como un dron mavic mini para capturar las zonas altas de las iglesias.

Equipo	Parámetros de captura
Cámara Terrestre	Traslape aproximado del 80%
Dron DJI Mavic Mini	Distancia aproximada entre centros de foto 2 metros.



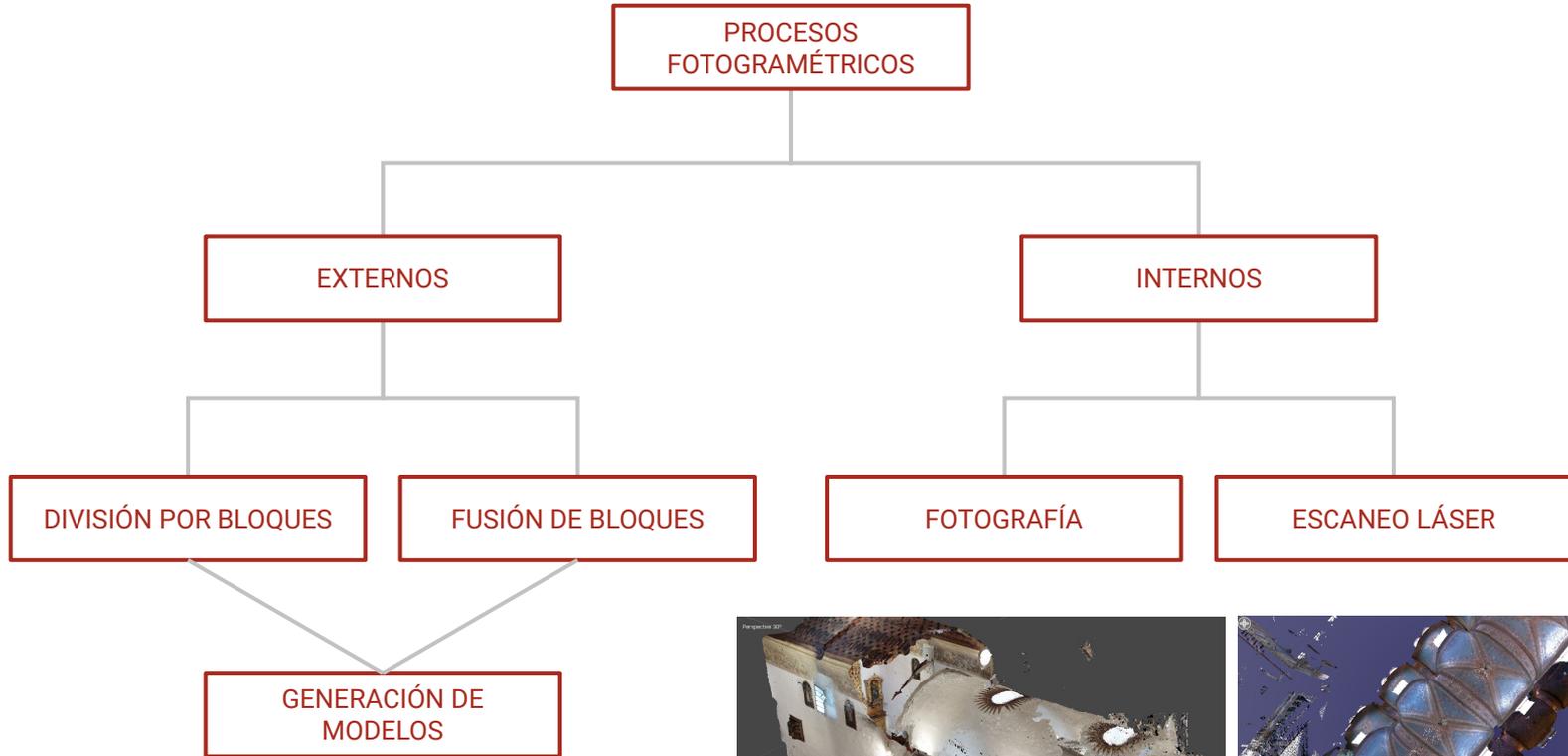
Modelo de la Pintura “Virgen de Chiquinquirá”,
Elaboración propia.

Fuente: Autores

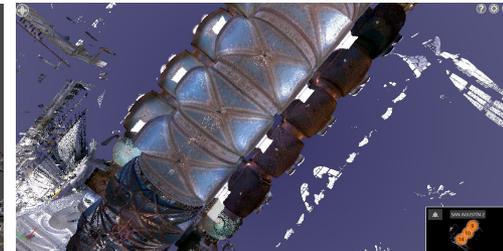
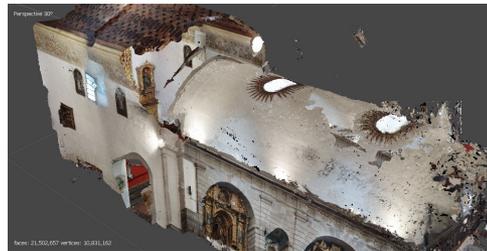
OBJETIVO 1



METODOLOGÍA



Modelo externo de San Diego. Elaboración propia



Modelo interno de San Diego y modelo Escaneado de San Agustín. Elaboración propia.

DIVISIÓN POR BLOQUES - AGISOFT

Para cada iglesia el procesamiento fue diferente considerando la estructura de la misma, los datos obtenidos y la ubicación.

Iglesia	N° Bloques	Descripción
Conocoto	2	1 bloque interno, 1 bloque externo
San Diego	2	1 bloque interno, 1 bloque externo.
Sagrario	2	1 bloque externo, 1 bloque de fachada
San Agustín	2	1 Bloque externo, 1 bloque de fachada

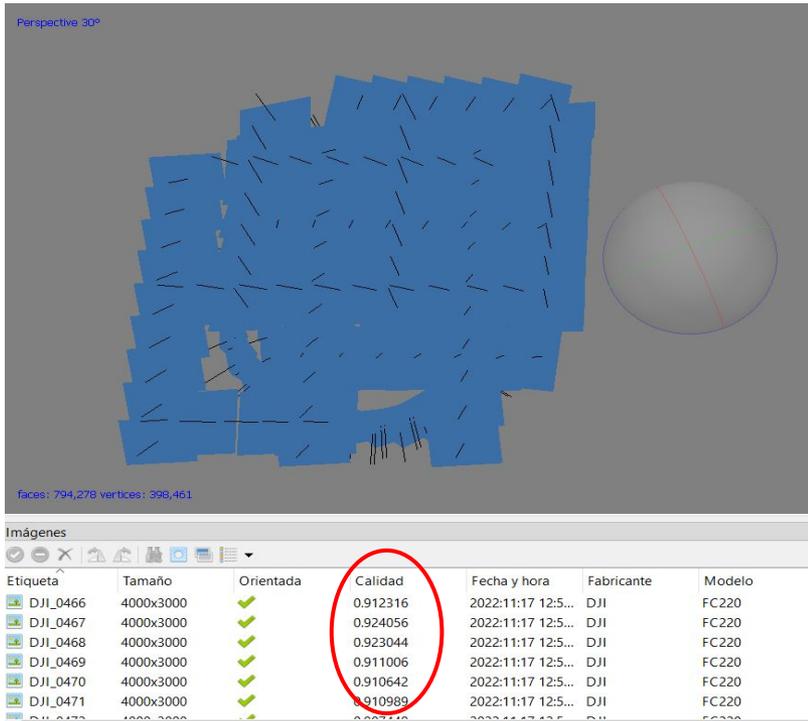
 Espacio de trabajo (2 bloques, 785 cámaras)

- ▶  **Chunk 1 (205 cámaras, 5 marcadores, 184,542 puntos) [R]**
- ▶  **Chunk 2 (580 cámaras, 6 marcadores, 402,707 puntos) [R]**

Espacio de trabajo de agisoft metashape, Iglesia de San Diego, modelo generado con dos bloques de trabajo Fuente: Autores



CALIDAD DE LAS FOTOGRAFÍAS



Perspective 30°

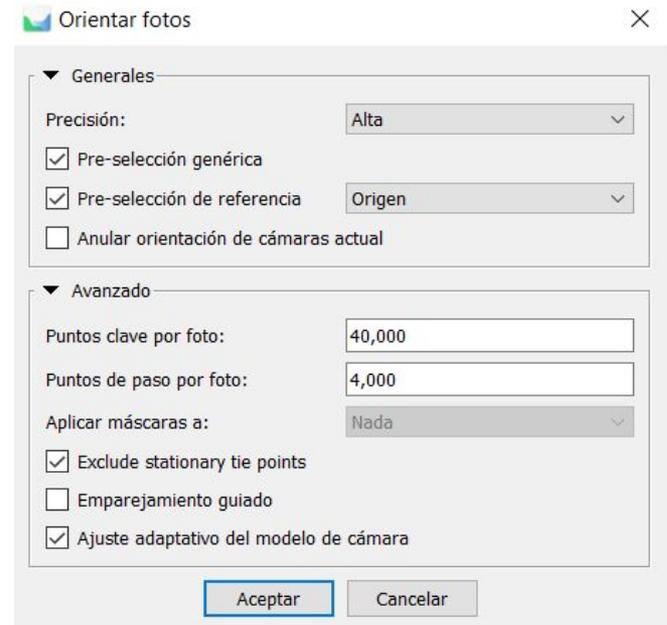
faces: 794,278 vertices: 398,461

Etiqueta	Tamaño	Orientada	Calidad	Fecha y hora	Fabricante	Modelo
DJI_0466	4000x3000	✓	0.912316	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220
DJI_0467	4000x3000	✓	0.924056	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220
DJI_0468	4000x3000	✓	0.923044	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220
DJI_0469	4000x3000	✓	0.911006	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220
DJI_0470	4000x3000	✓	0.910642	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220
DJI_0471	4000x3000	✓	0.910989	2022:11:17 12:5...	DJI	FC220

Se estimó la calidad de fotografías de las cuales se descarto las menores a 0.5

Fuente: Autores

PARÁMETROS DE ORIENTACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS



Orientar fotos

General

Precisión: Alta

Pre-selección genérica

Pre-selección de referencia Origen

Anular orientación de cámaras actual

Avanzado

Puntos clave por foto: 40,000

Puntos de paso por foto: 4,000

Aplicar máscaras a: Nada

Exclude stationary tie points

Emparejamiento guiado

Ajuste adaptativo del modelo de cámara

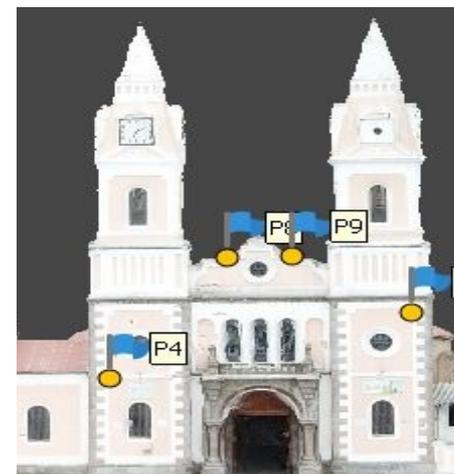
Aceptar Cancelar

Fuente: Autores

PUNTOS DE CONTROL

Iglesia de Conocoto

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
P4	502461,039	9967649,760	2539,391
P5	502447,198	9967656,751	2543,480
P8	502455,424	9967652,102	2547,164
P9	502452,461	9967653,591	2547,162
E1	502467,9130.	9967691,407	2533,412



Externa

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
P1	502441,291	9967643,167	2536,015
P2	502436,860	9967634,166	2536,039
P4	502454,119	9967630,721	2536,029
P5	502439,277	9967616,264	2536,448
P6	502434,233	99676168,780	2536,441



Interna

Fuente: Autores



Iglesia de San Diego

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
06	497509,047	9975224,995	2878,901
103	497506,285	9975227,632	2889,740
104	497494,125	9975230,975	2889,674
105	497488,091	9975232,751	2889,633
106	497483,265	9975232,580	2890,926



Externa

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
A2	497468,428	9975234,358	2880,914
A3	497470,428	9975241,688	2889,740
A4	497489,274	9975236,076	2880,042
A5	497487,157	9975229,432	2880,037
A6	497499,559	9975225,989	2897,403
A7	497501,479	9975232,549	2879,420



Interna

Fuente: Autores

Iglesia de San Agustín

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
P5	498829,448	9975600,555	2842,9475
P6	498822,380	9975605,162	2849,6875
P7	498821,056	9975606,215	2846,7195
P8	498821,442	9975605,352	2842,9765
P10	498819,073	9974606,623	2845,7935

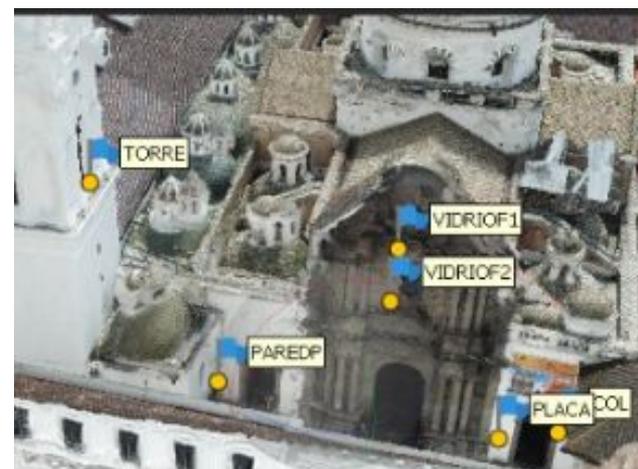


Externa

Fuente: Autores

Iglesia de El Sagrario

Nombre del punto	Este (m)	Norte (m)	Altura elipsoidal (m)
VIRGENIZQ1	497009,030	9997012,721	2804,986
VIRGENIZQ2	497010,892	9997011,490	2804,972
VIRGENDER1	497024,479	9997002,459	2805,011
VIDRIO1	497017,040	9997006,440	2811,751
NARIZ	497016,089	9997006,548	2805,040
ESQPU	497018,063	9997005,472	2805,215
ESQCOL	497013,619	9997007,611	2807,857
ESQCOL1	497018,432	9997004,418	2807,841
PIEDRA	497024,888	9996999,425	2806,367
PIEDRA1	497024,416	9996998,606	2806,369

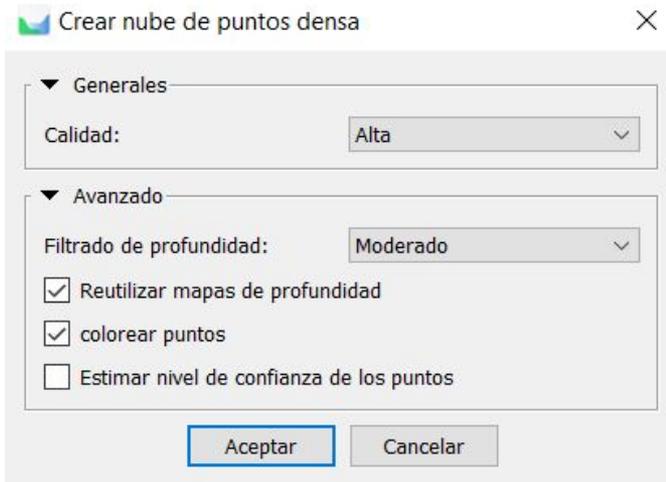


Externa

Fuente: Autores

GENERACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA

PARÁMETROS DE GENERACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA



Crear nube de puntos densa

▼ Generales

Calidad: Alta

▼ Avanzado

Filtrado de profundidad: Moderado

Reutilizar mapas de profundidad

colorear puntos

Estimar nivel de confianza de los puntos

Aceptar Cancelar

En los parámetros en calidad se seleccionó Alta, Filtrado de profundidad: Moderado.

Fuente: Autores



En la Iglesia San Pedro de Conocoto se generaron aproximadamente **7 millones** de puntos.



En la Iglesia San Agustín se generaron aproximadamente **4 millones** de puntos.

GENERACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA



En la Iglesia San Diego se generaron aproximadamente **66 millones** de puntos.

En la Iglesia El Sagrario se generaron aproximadamente **33 millones** de puntos.

Fuente: Autores

GENERACIÓN DE MALLA Y TEXTURIZADO

PARÁMETROS DE GENERACIÓN DE LA MALLA

Crear malla ×

▼ Ajustes generales

Origen de datos: Nube de puntos densa ▼

Tipo de superficie: Arbitrario (3D) ▼

Calidad: ▼

Número de caras: Alta (1,447,457) ▼

▼ Avanzado

Interpolación: Habilitada (por defecto) ▼

Filtrado de profundidad: ▼

Clases de puntos: Todos Seleccionar...

Colorear vértices

Usar máscaras volumétricas estrictas

Reutilizar mapas de profundidad

Aceptar Cancelar

Fuente: Autores

PARÁMETROS DE GENERACIÓN DE TEXTURIZADO

Crear textura ×

▼ Ajustes generales

Tipo de textura: Mapa de RGB ▼

Origen de datos: Imágenes ▼

Modo de mapeado: Conservar mapa UV ▼

Modo de mezcla: Mosaico (por defecto) ▼

Tamaño/numero de texturas: 4096 x 1 ▼

▼ Avanzados

Habilitar el cierre de agujeros

Habilitar el filtro de efecto fantasma

Transferir textura

Aceptar Cancelar

Fuente: Autores

GENERACIÓN DE MALLA Y TEXTURIZADO

Iglesia San Pedro de Conocoto



Fuente: Autores

Iglesia San Diego



Fuente: Autores

GENERACIÓN DE MALLA Y TEXTURIZADO

Iglesia San Agustín



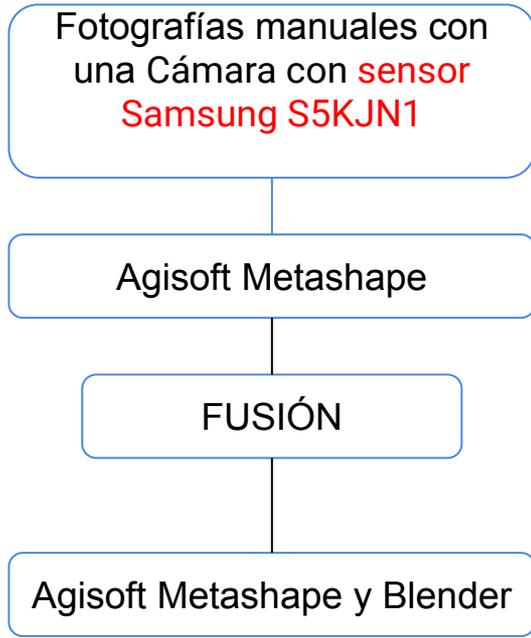
Fuente: Autores

Iglesia de El Sagrario



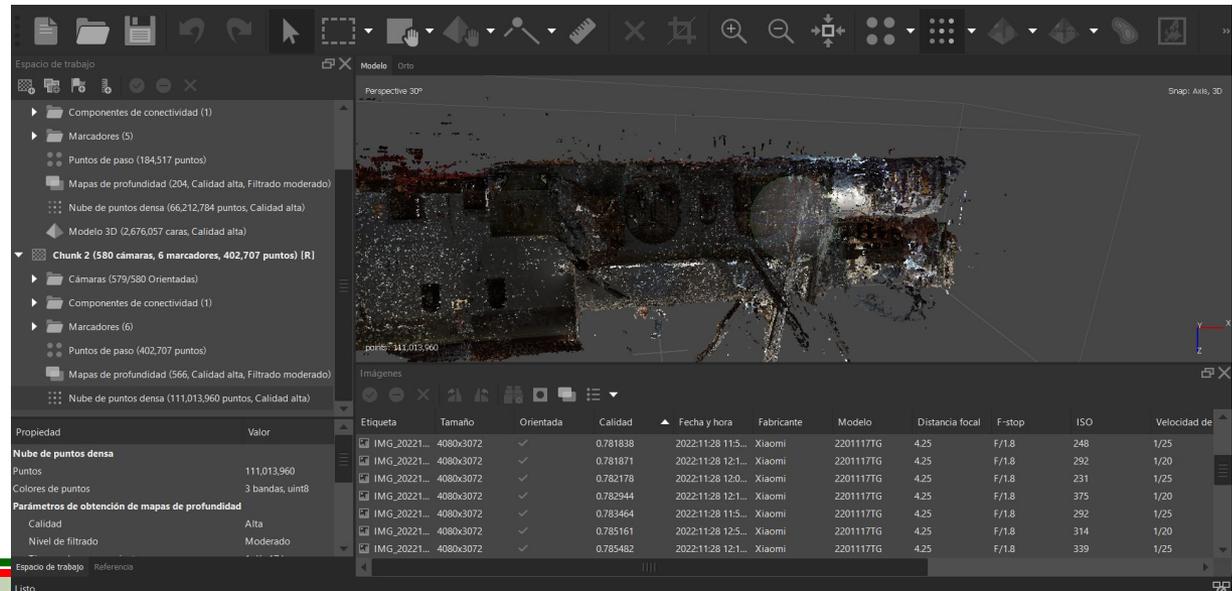
Fuente: Autores

MODELOS INTERNOS



- Orientación de las fotografías
- Control de calidad
- Puntos de control
- Nube de puntos
- Malla
- Texturizado

Espacio de trabajo de agisoft metashape, Iglesia de San Diego, modelo interno. Fuente: Autores



Escaner BLK360

ESCANER BLK360	
Escáner 3D con sistema integrado de imágenes esféricas y sistema de sensor de panorama termográfico	
Sistema de medición de distancias	Medición del tiempo de vuelo a velocidad rápida mejorada
Clase de láser	1 (de acuerdo con IEC 60825-1:2014)
Longitud de onda	830 nm
Campo visual	360° (horizontal) / 300° (vertical)
Alcance	mín. 0,6 - hasta 60 m
Tasa de medición de puntos	hasta 360.000 puntos/segundo
Precisión de alcance	4mm a 10m / 7mm a 20m
Modos de medición	3 ajustes de resolución seleccionables por el usuario
Sistema de cámara	Sistema de 3 cámaras de 15 megapíxeles, captura a cúpula completa de 150Mpx, HDR, imagen esférica calibrada con flash LED, 360° x 300°
Cámara térmica	Cámara infrarroja de onda larga Imagen térmica panorámica, 360° x 70°
Velocidad de medición	< 3 min para un escaneo a cúpula completa, imagen esférica e imagen térmica
Precisión de puntos 3D	6mm a 10m / 8mm a 20m



Fuente: Leica Geosystems, 2020

METODOLOGÍA

ESCÁNER LÁSER - MODELO INTERNO

Solape y fuerza sean mayor al **50%**

Calidad media y tiempo estimado de **3 minutos**

Formato BLK.

Importar a Cyclone Register 360

Unir los escaneos en base a la nube

Traslación y Rotación

La nube de puntos de color azul, se traslada en dirección a la nube de puntos de color roja

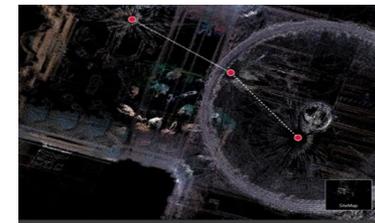
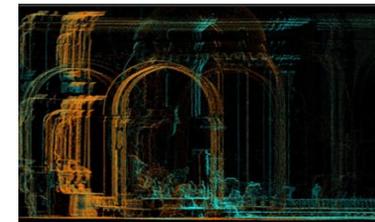
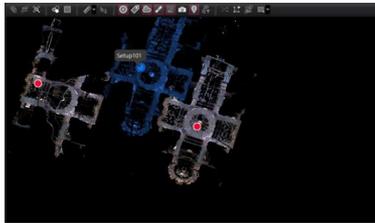
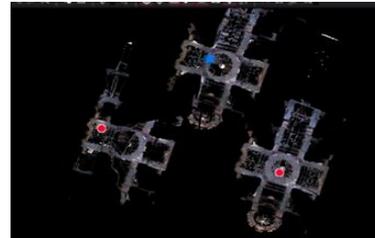
Alineación de la nube de puntos del escaneo

Se realiza una verificación exhaustiva de la alineación.

Se puede corregir errores de inclinación si fuese necesario.

Georreferenciación de Dianas

Unir y optimizar la nube



RESULTADOS

RESULTADOS

MODELOS

Iglesia	Modo de Captura		Número de Fotografías		Puntos de control		Nube De puntos (Millones)		Precisión (m)		Observaciones
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	
Conocoto	Cámara con un sensor Samsung S5KJN1	Dron DJI Mavic pro	703	187	5	5	-	7	0.2	0.134	Modelo Externo
San Diego	Cámara con un sensor Samsung S5KJN2	Phantom 4	580	205	6	5	111	66	0.1	0.06	Modelo Externo e Interno
San Agustín	Escáner Láser BLK360	Dron DJI Mavic pro	-	418	6	5	280	4	0.07	0.05	Modelo Externo y Número de escaneos 33
Sagrario	Escáner Láser BLK360	Dron DJI Mavic pro	-	373	5	7	28	33	0.06	0.14	Modelo Externos Número de escaneos 25

RESULTADOS

MODELOS EXTERNOS



Vista Frontal, Iglesia de Conocoto Fuente: Elaboración propia



Vista Lateral, Iglesia de San Agustín. Fuente: Elaboración propia



Vista Frontal, Iglesia de San Diego Fuente: Elaboración propia



Vista Superior, Iglesia del Sagrario Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

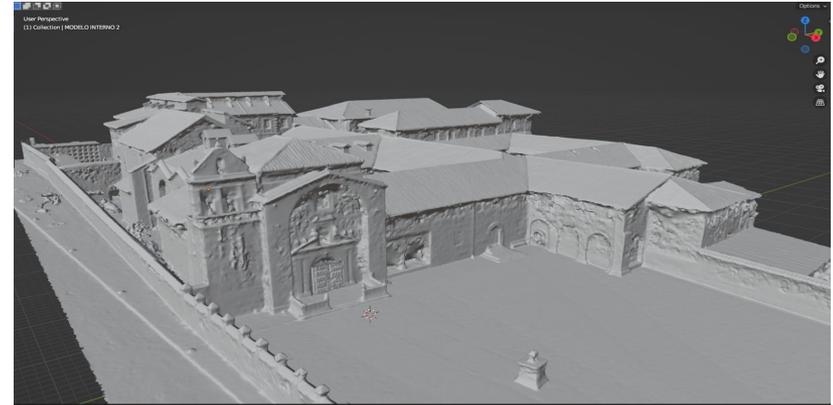
MODELOS INTERNOS



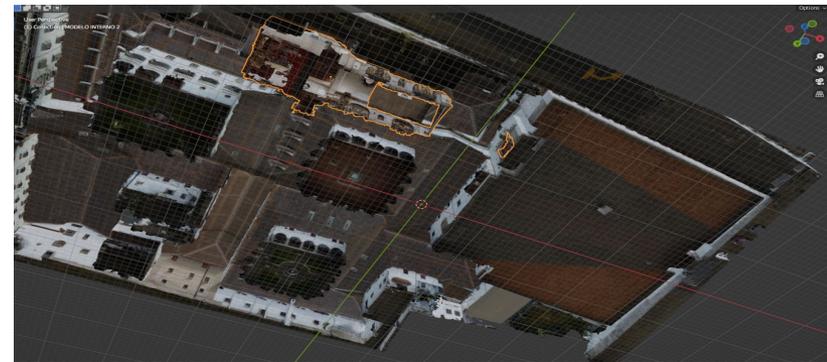
Iglesia de San Diego - Agisoft Fuente: Elaboración propia



Iglesia de San Diego - Agisoft Fuente: Elaboración propia



Iglesia de San Diego - Agisoft Fuente: Elaboración propia



Iglesia de San Diego - Agisoft Fuente: Elaboración propia



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

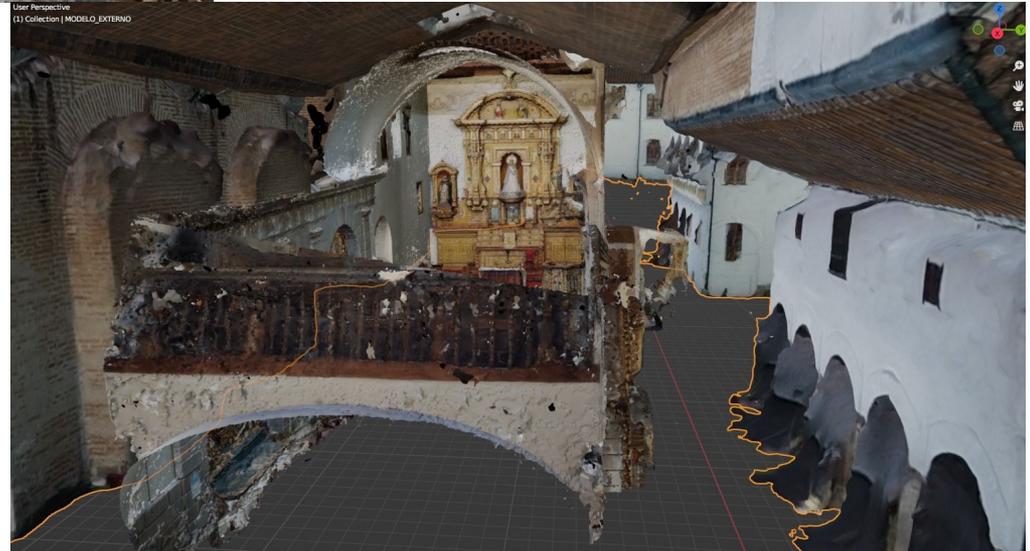


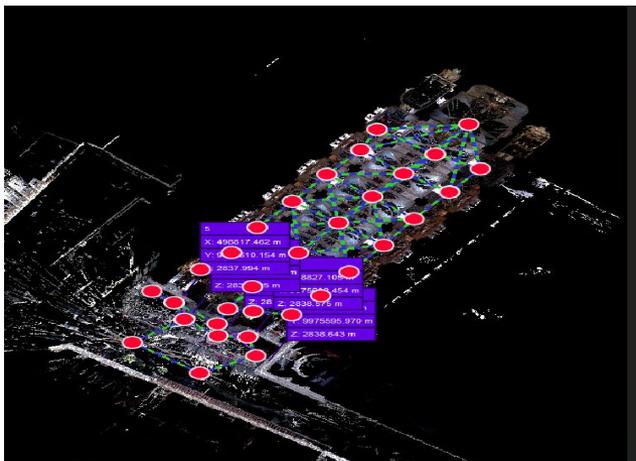
MODELOS INTERNOS



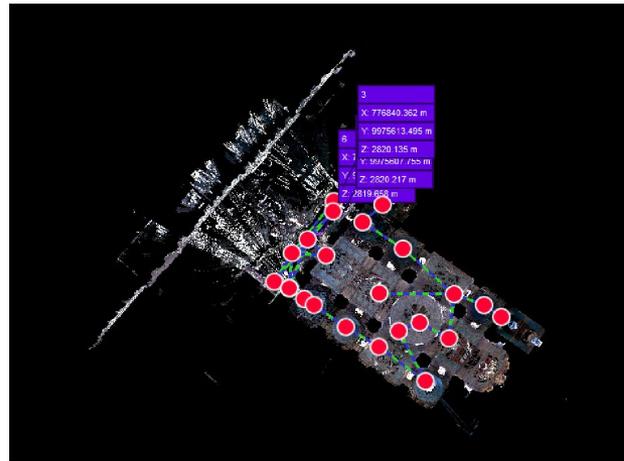
*Iglesia de San Diego - Blender
Fuente: Elaboración propia*

*Iglesia de San Diego - Agisoft
Fuente: Elaboración propia*





San Agustín



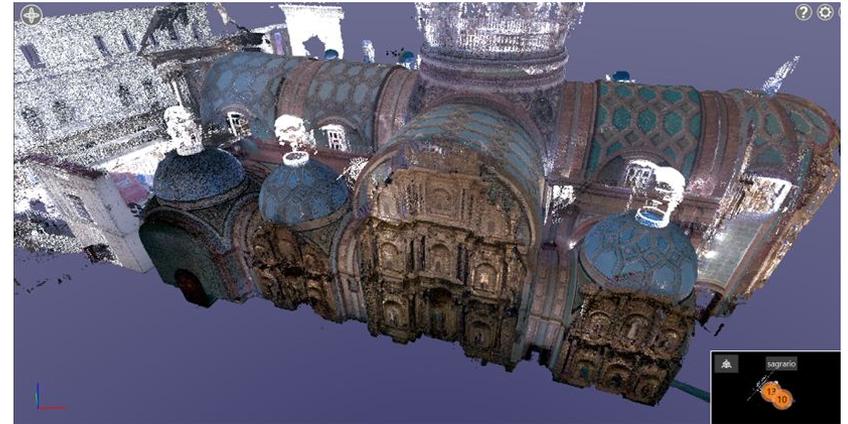
Sagrario

IGLESIA	N° escaneos	N° de enlaces	Fuerza	Solape	Error nube a nube (enlaces)	Error de conjunto (Dianas)
Sagrario	23	31	75%	50%	0,006 m	0,006m
San Agustín	33	72	88%	54%	0,007m	0,007m

RESULTADOS

ESCANEADO LÁSER

IGLESIA	Puntos de Escaneo	Tiempo de Escaneo	Cantidad de puntos generados
Sagrario	23	1.6 min	28.3 millones
San Agustín	33	3.2 min	280.3 millones



Nube de puntos, Iglesia de Sagrario. Fuente: Elaboración propia



Nube de puntos, Iglesia San Agustín. Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

IMPRESIÓN 3D

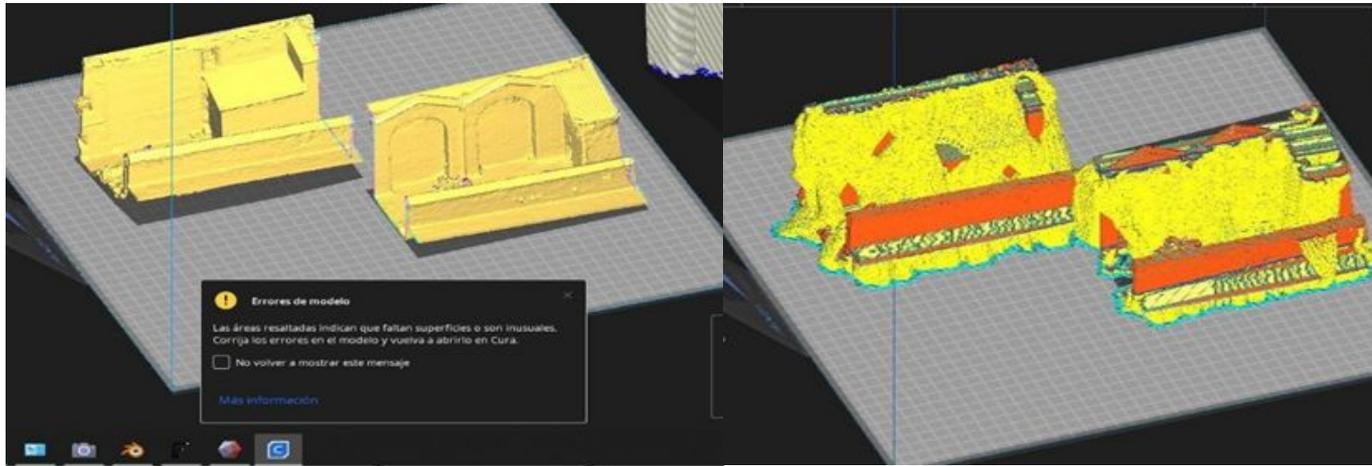


Modelo editado en Blender para posterior impresión Fuente: Autores

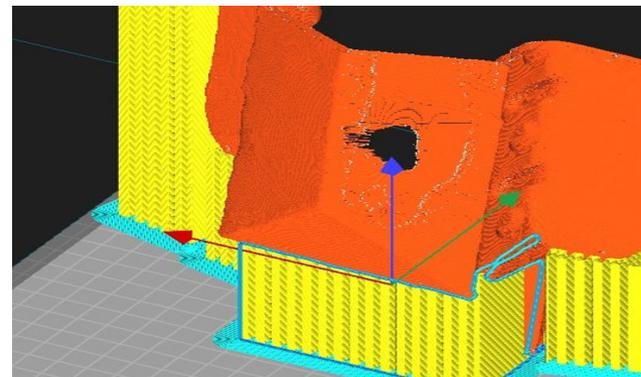
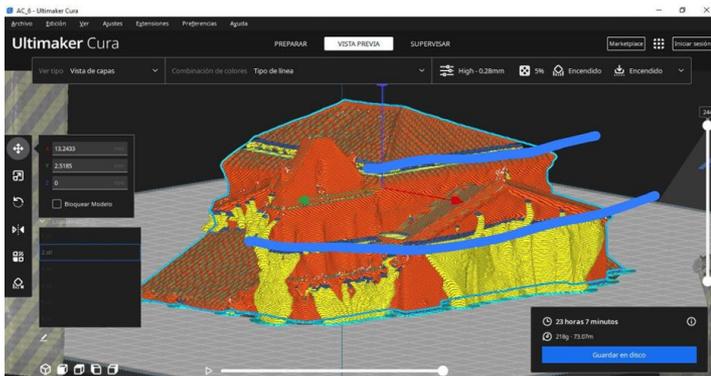
Modelo obtenido en Agisoft exportado en formato .stl Fuente: Autores

METODOLOGÍA

IMPRESIÓN 3D



Errores generados en el modelo de San Diego por Ultimaker Cura. Fuente: Autores



Errores generados en el modelo de Conocoto por Ultimaker Cura. Fuente: Autores

Errores generados en el modelo de San Diego por Ultimaker Cura. Fuente: Autores

OBJETIVO 3

Toma de fotografías y análisis de los modelos internos

Altar de la virgen de Chiquinquirá - Iglesia de San Diego



Imágenes tomadas con una cámara terrestre. Fuente: Autores.

Toma de fotografías desde ángulos diferentes y con un suficiente nivel de **traslape cercano al 80%**.

Distancia de toma de entre **2 a 10 metros** del objeto.

Toma de fotografías y análisis de los modelos internos

Altar principal- Iglesia de Conocoto



Al no disponer de un dron para tomar fotografías en la parte alta del altar de la iglesia de Conocoto, se optó por tomar fotografías desde una **mayor distancia y con un mayor grado de inclinación.**

Los colores de fondo de las obras pueden llegar a suponer un problema. Fondos blancos u oscuros tienden a generar ruido y por ende agujeros en el modelo final.

Para la fotogrametría terrestre, la dimensión y forma de los objetos puede ayudar o perjudicar la eficacia de la técnica.

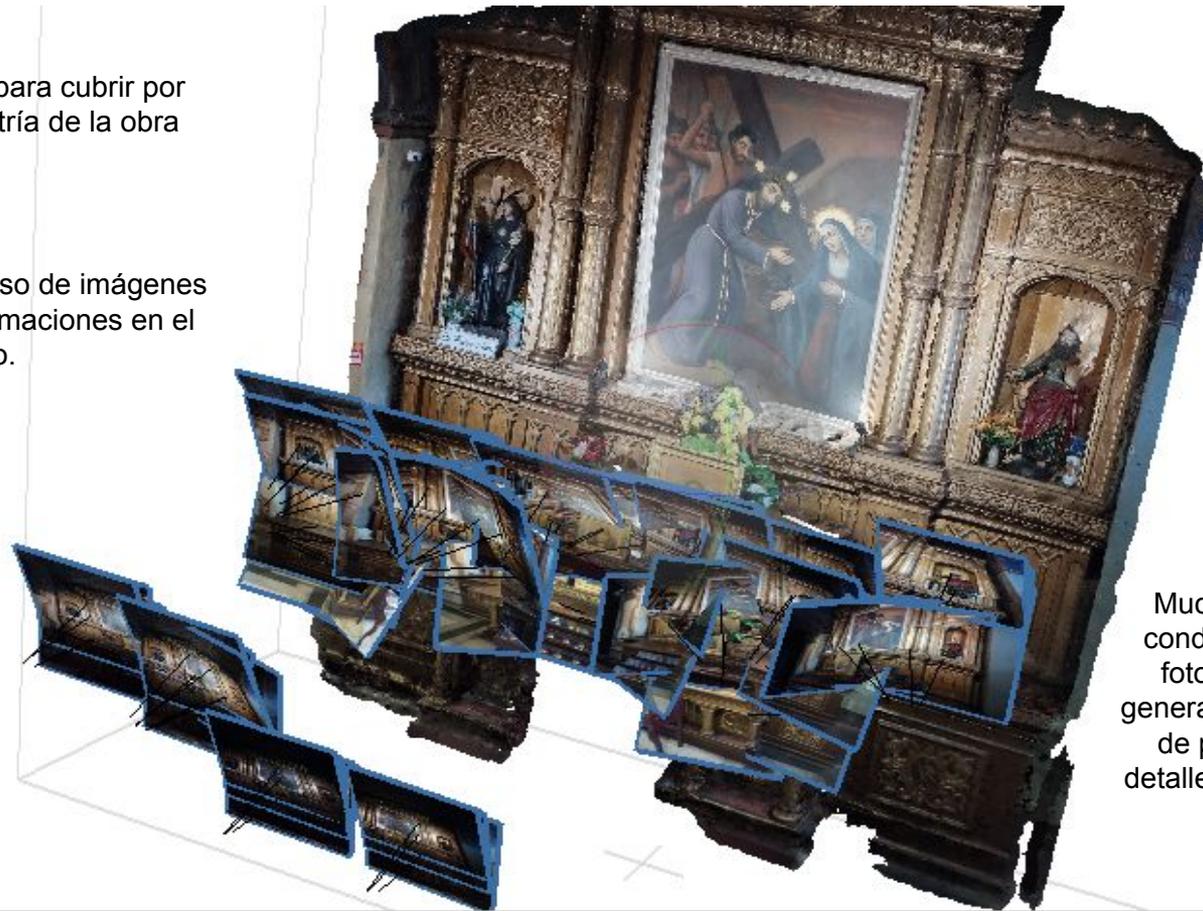
Imágenes tomadas con una cámara terrestre. Fuente: Autores.

Toma de fotografías y análisis de los modelos internos

Altar a Jesús - Iglesia de San Agustín

Tomas adicionales para cubrir por completo la geometría de la obra

En ocasiones el exceso de imágenes genera ruido y deformaciones en el modelo.



Mucha o poca iluminación condiciona la calidad de las fotografías y por ende, la generación de ruido en la nube de puntos y la fiabilidad a detalle del modelo texturizado.

Imágenes tomadas con una cámara terrestre. Fuente: Autores.

Toma de fotografías y análisis de los modelos internos

Altar principal - Iglesia de San Diego



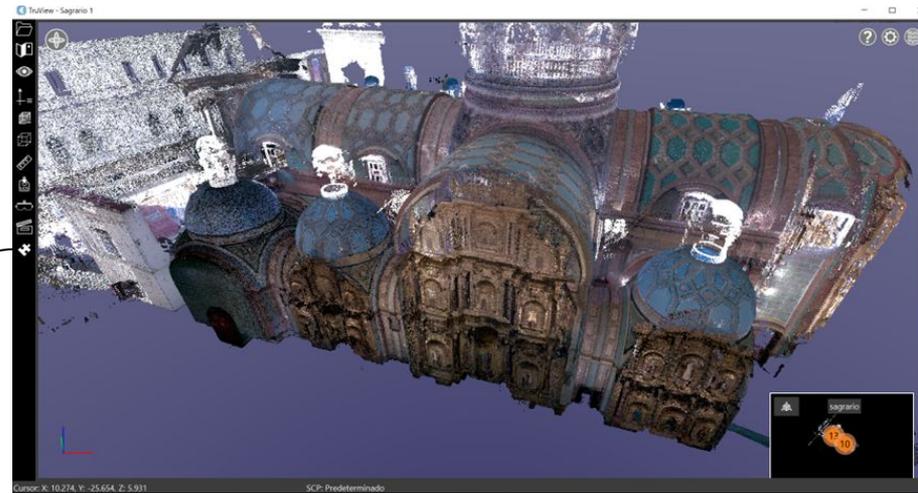
Para objetos de **grandes dimensiones** es ideal capturar las imágenes con la **cámara de un dron** para disminuir el nivel de ruido y obtener información completa de las partes más altas y por ende, un modelo geoméricamente más confiable.

La complejidad geométrica del objeto puede llegar a condicionar la fiabilidad del modelo final.

Imágenes tomadas con la cámara de un dron DJI Mavic Mini y una cámara terrestre. Fuente: Autores.

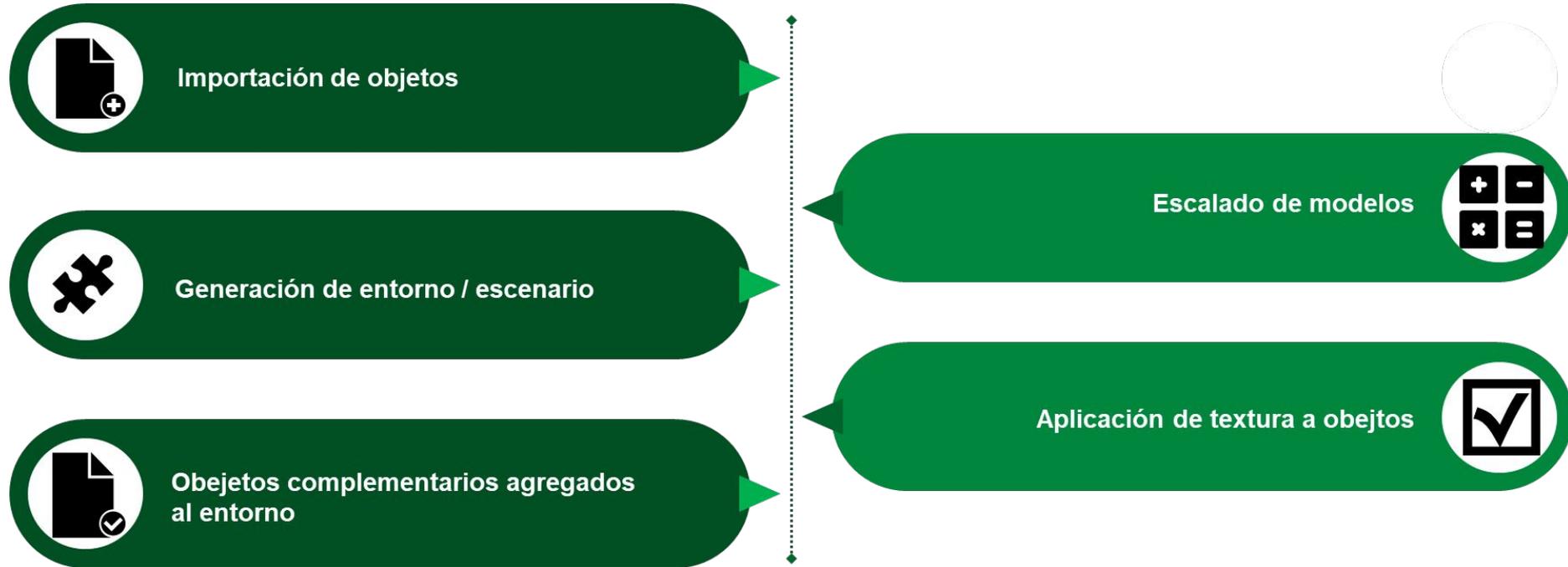
Visualización en realidad virtual

Escaneo láser 3D - Leica TruView



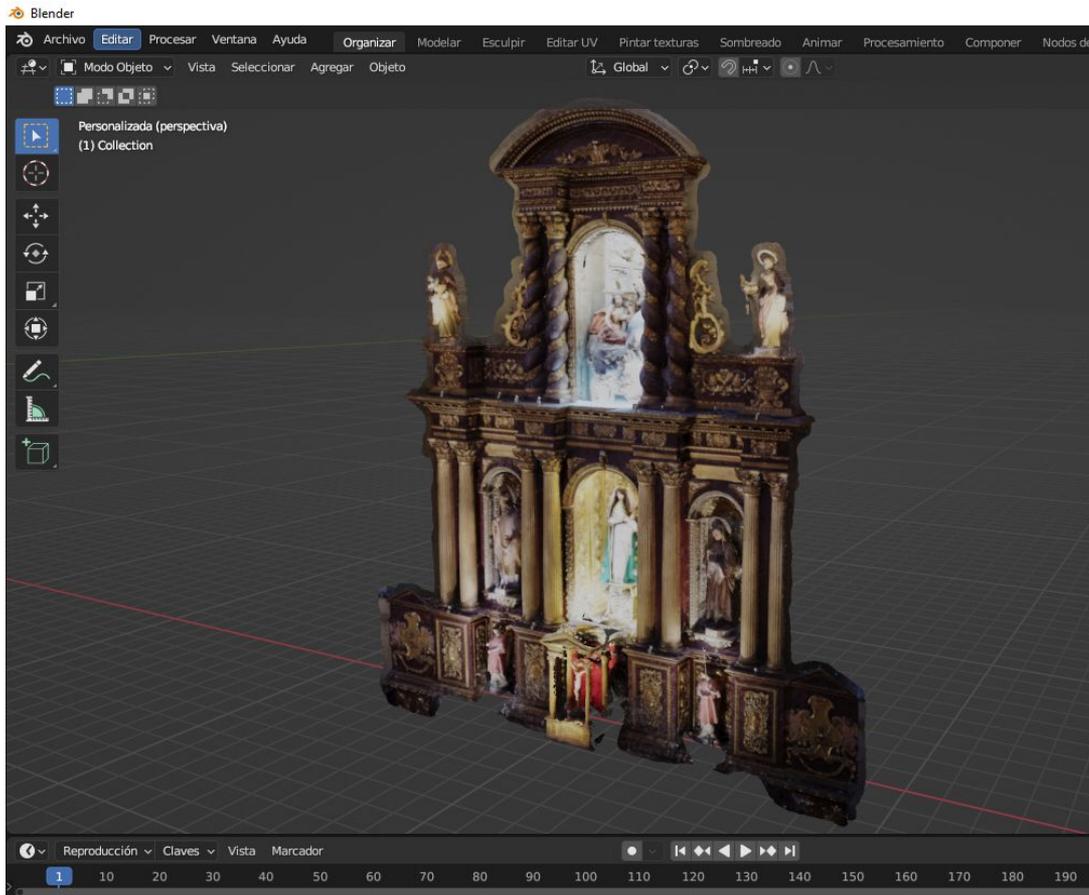
Fuente: Autores

GENERACIÓN DE ENTORNOS VR

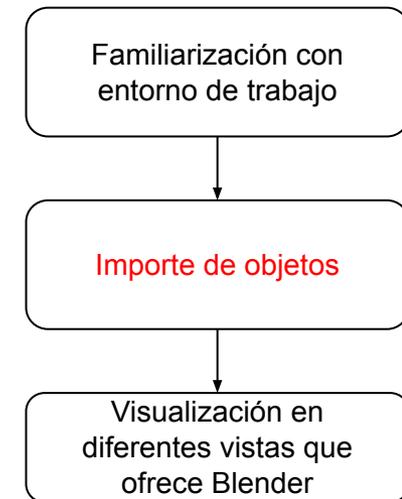


Fuente: Autores

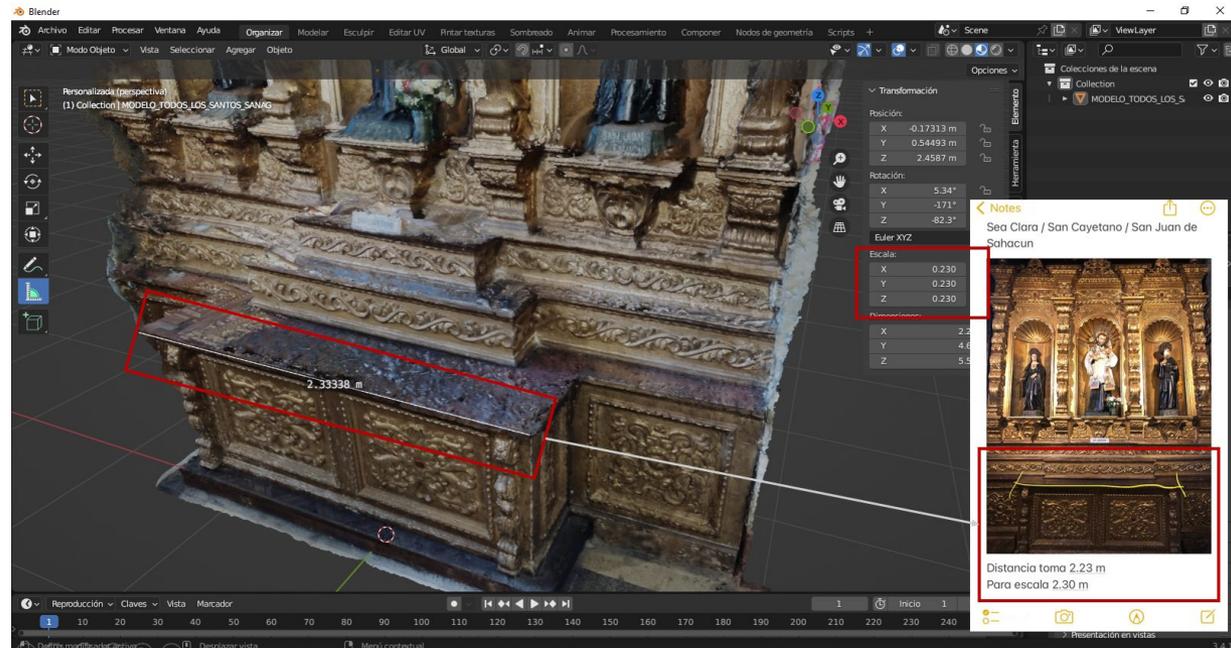
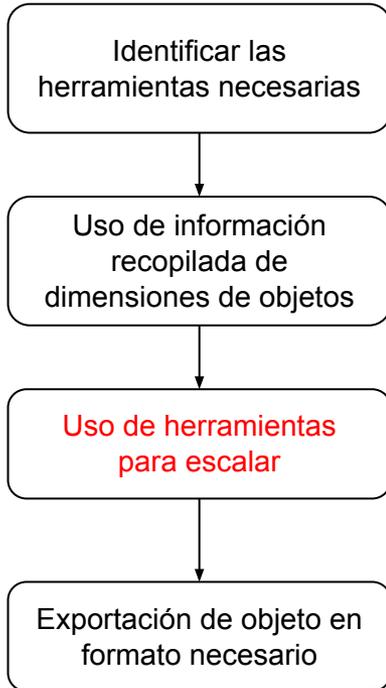
Importación de objetos



Modelo importado a Blender. Fuente: Autores.

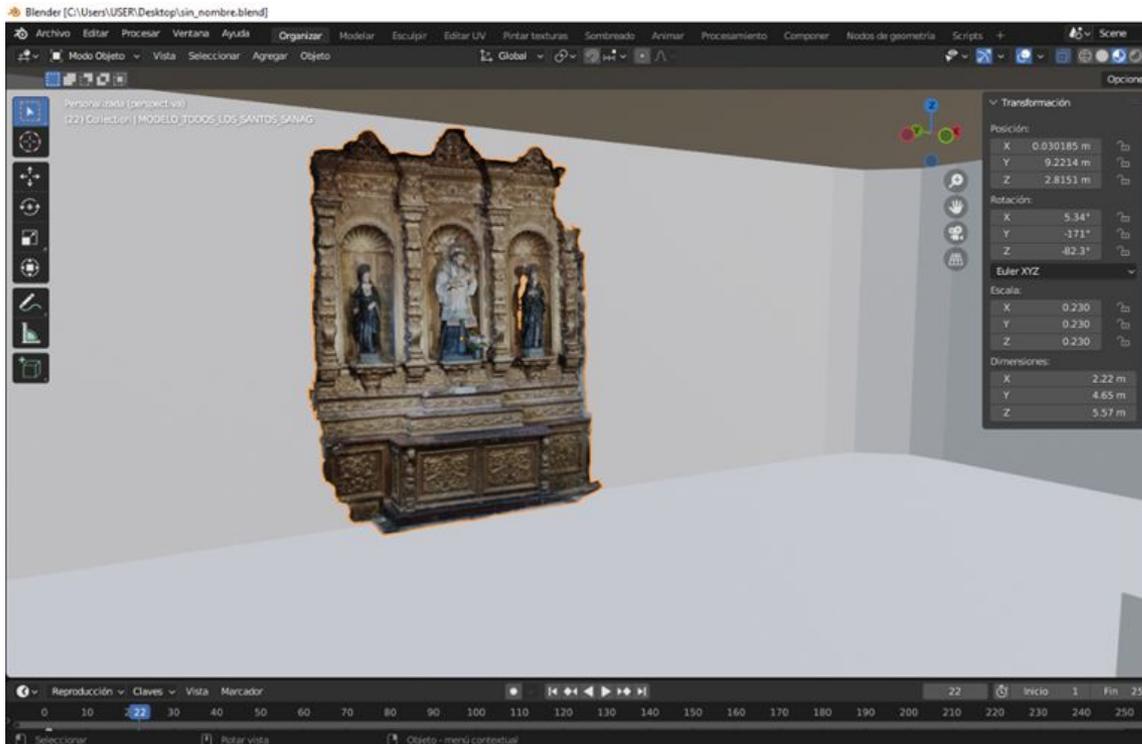


Escalado de modelos



Aplicación de herramientas para el escalado de objeto. Fuente: Autores.

Generación de entorno / escenario



Habitación generada. Fuente: Autores.

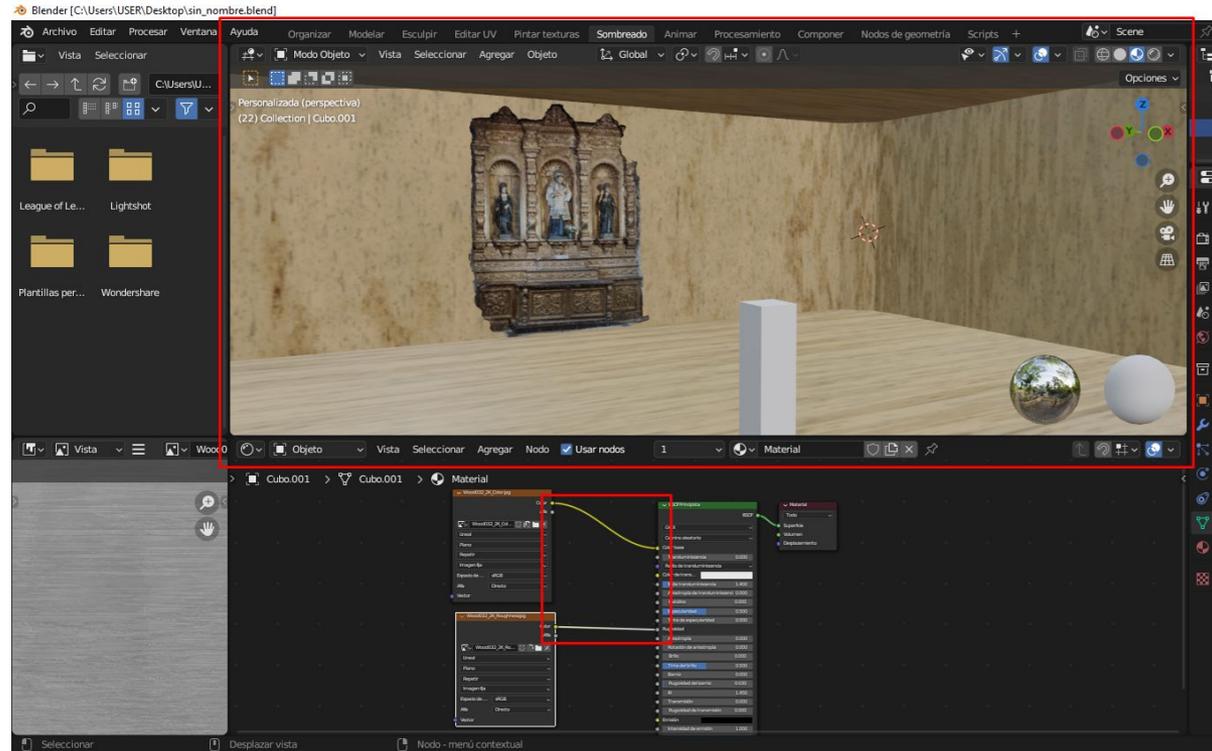
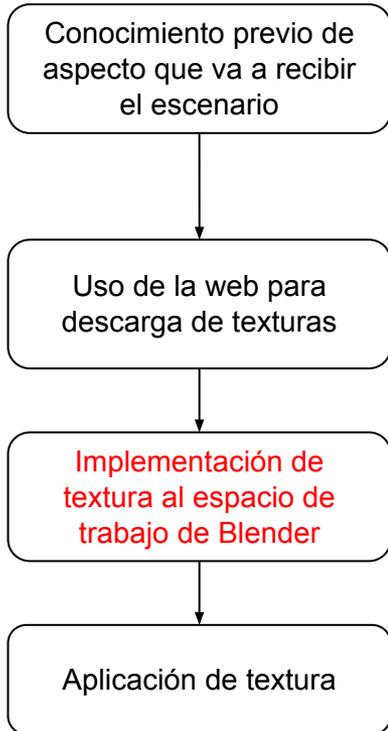
Agregamos un cilindro con la altura de una persona como base de perspectiva

Creamos la entidad básica de Blender un cubo

Uso de herramientas para dar las dimensiones apropiadas

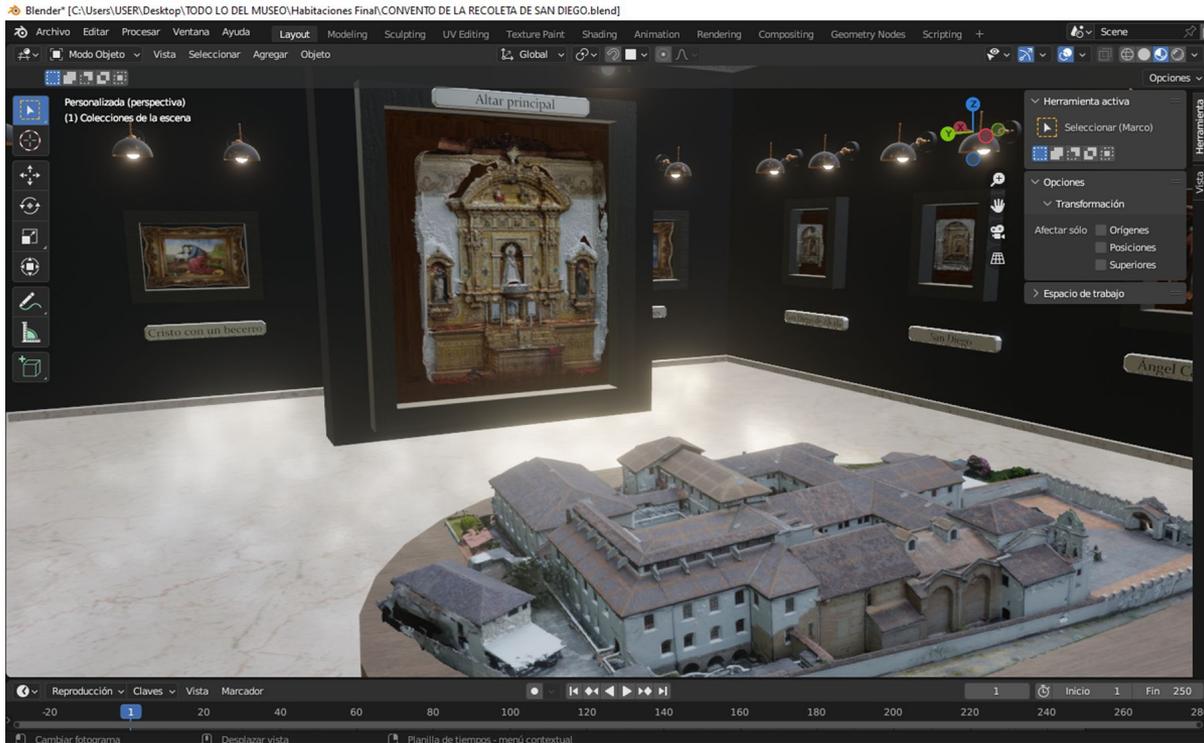
Dar la forma deseada

Aplicación de textura a objetos



Texturas agregadas a un objeto. Fuente: Autores.

Objetos complementarios agregados al entorno



Conocimiento previo de aspecto que va a recibir el escenario

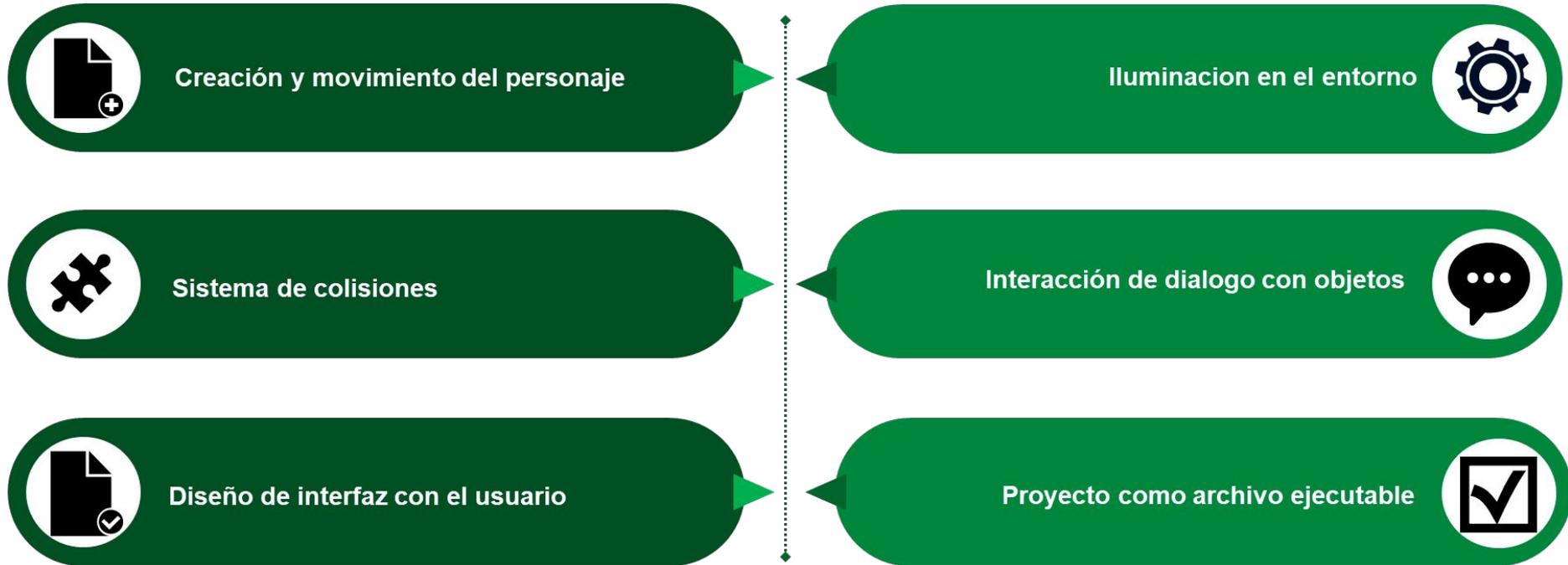
Uso de la web para descarga de objetos complementarios

Ubicación de objetos

Renderización de escenarios

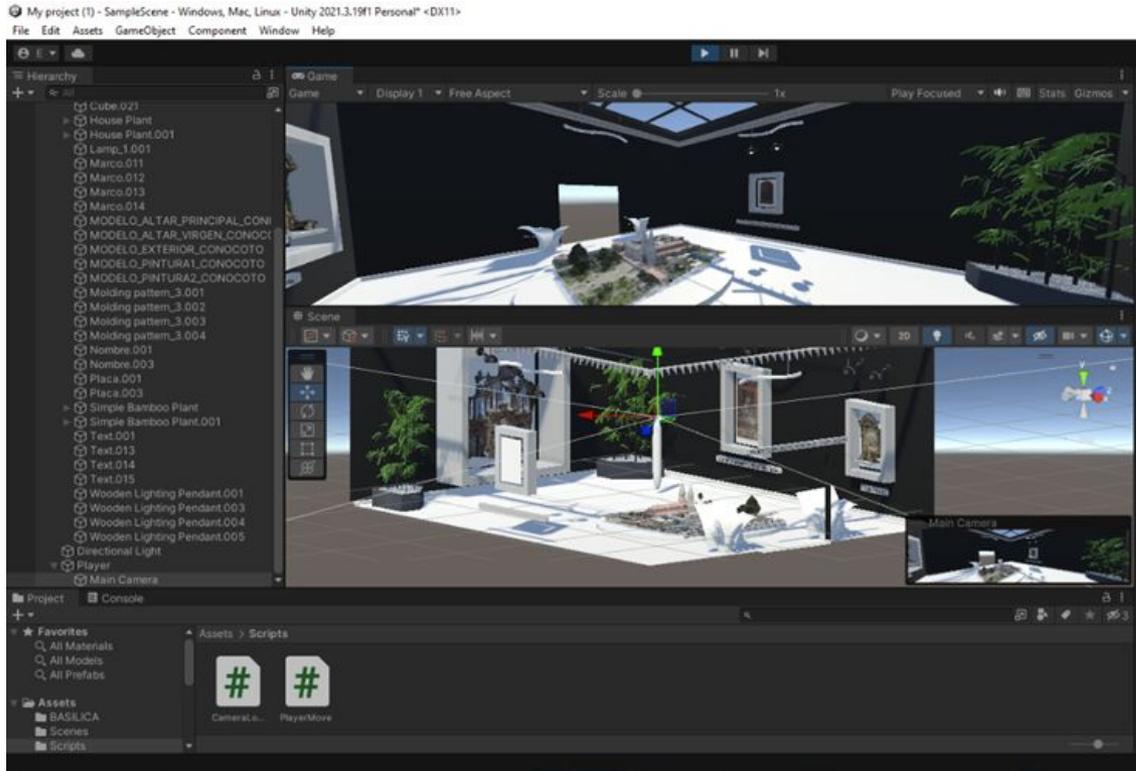
Objetos complementarios. Fuente: Autores.

CREACIÓN DE SISTEMA DE MOVIMIENTO EN 3D



Fuente: Autores

Creación y movimiento del personaje



Generar objeto cápsula,
ubicarlo y configurarlo

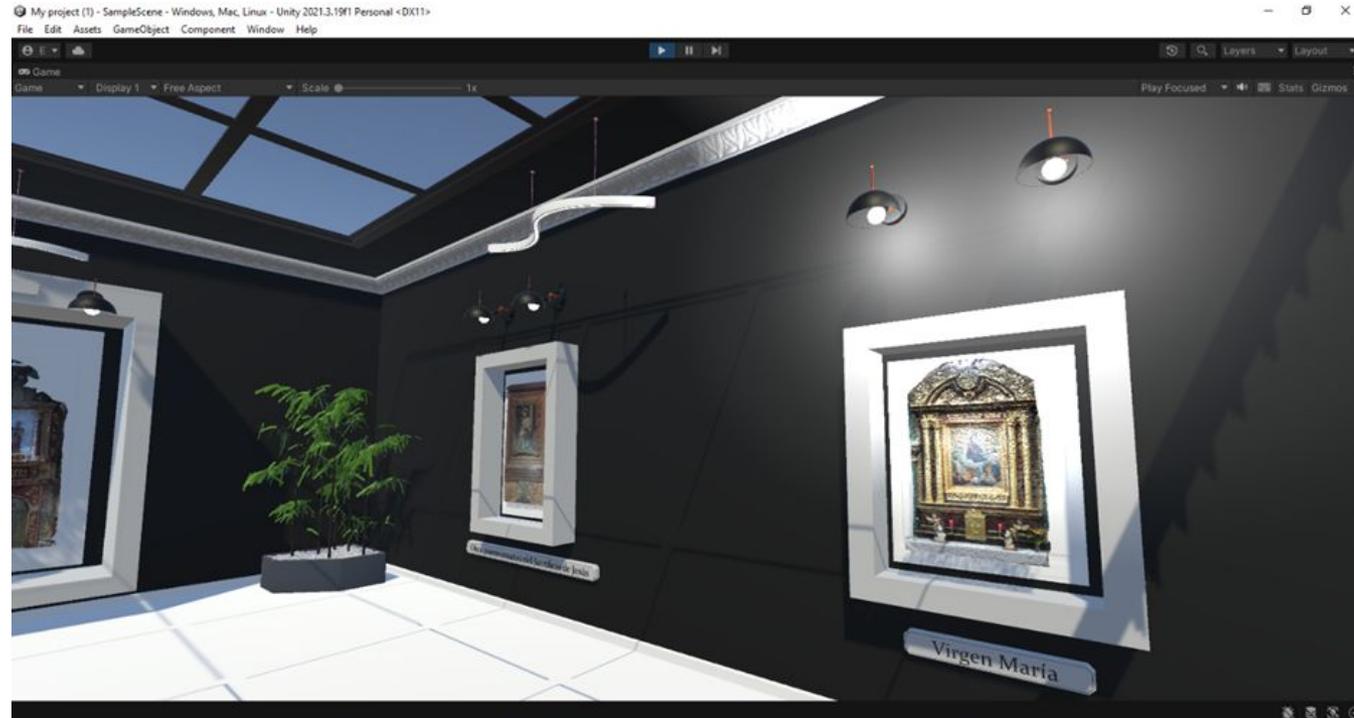
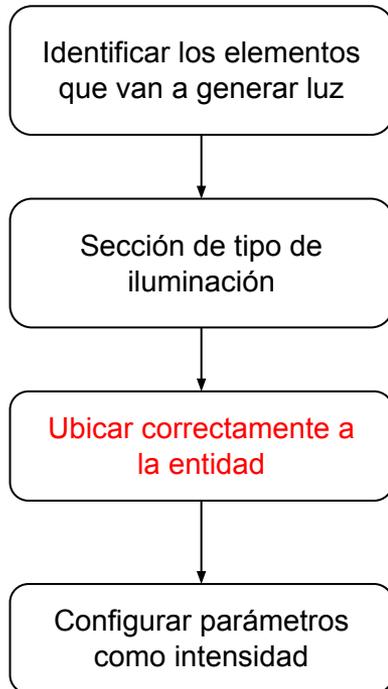
Implementación de
cámara, visualización en
primera persona

Generar un script con
sus limitaciones,
ubicacion de cámara

Generar un script con
sus restricciones,
movimiento del
personaje

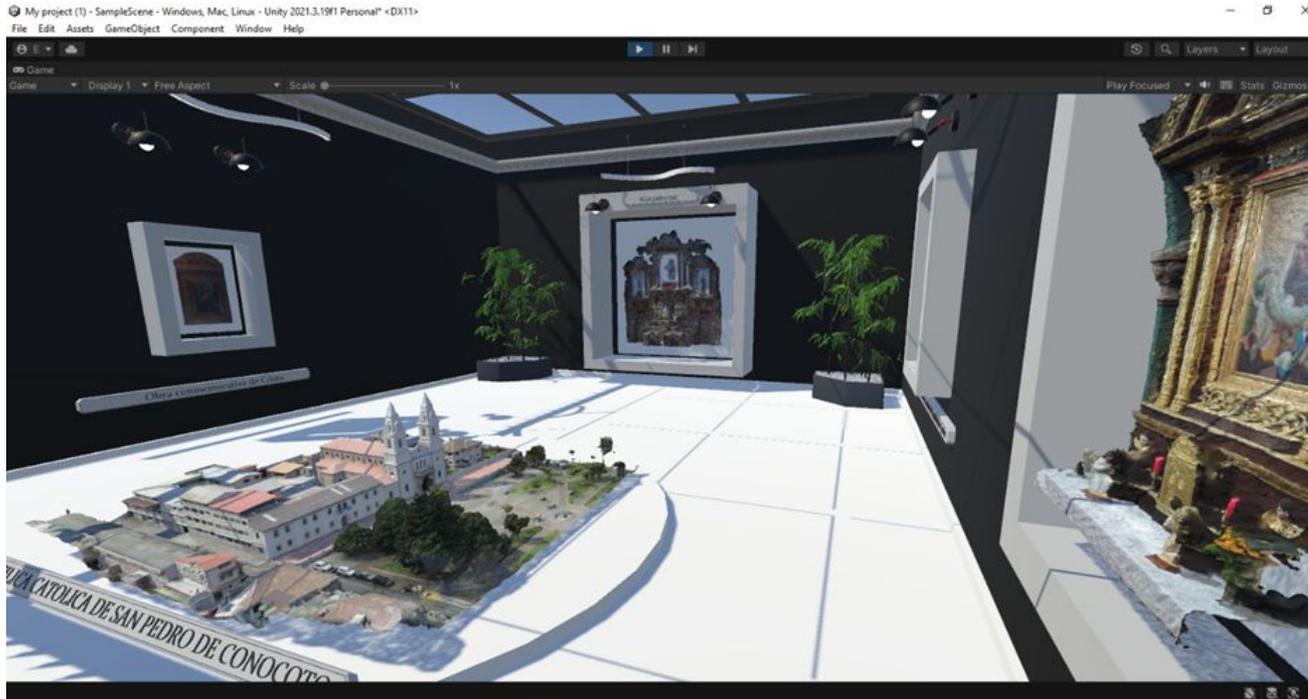
Comprobación de movimiento de personaje. Fuente: Autores.

Iluminación en el entorno



*Ambiente de una habitación con toda la iluminación.
Fuente: Autores.*

Sistema de colisiones



Colisiones desde una perspectiva de ventana Game. Fuente: Autores.

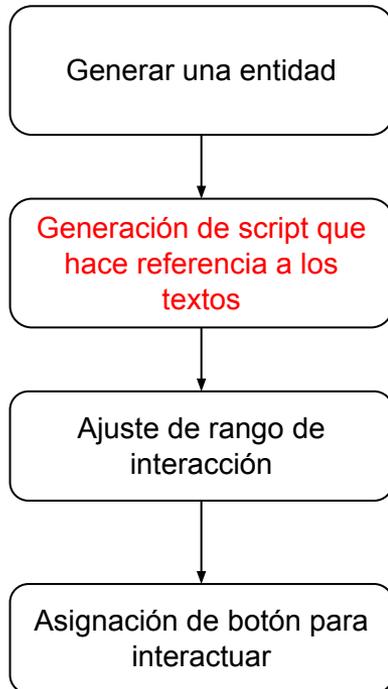
Generar una entidad en la base del personaje

Generar un script con las limitaciones, choque con el escenario, salto, gravedad (física de videojuegos)

Asignamos toda la habitación como objeto a colisionar con el personaje

Configuramos la entidad agregada al personaje.

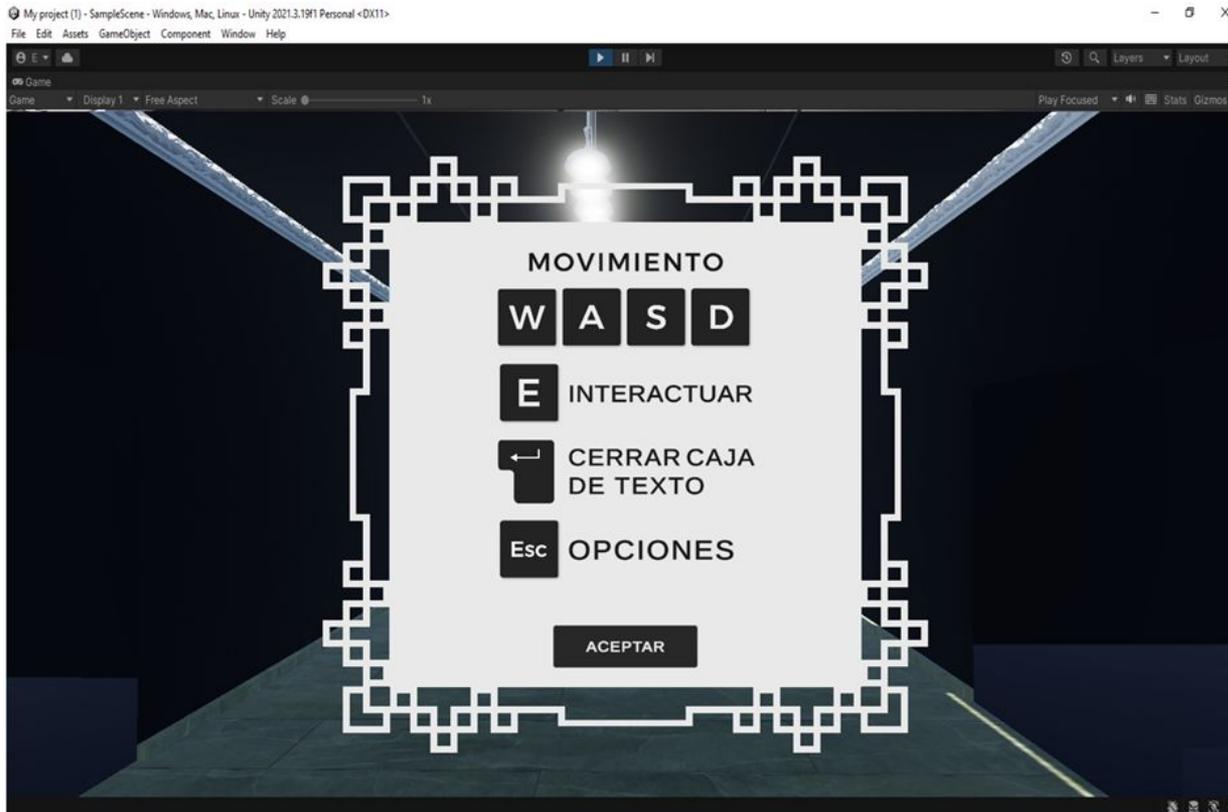
Interacción de diálogo con objetos



Cuadro de diálogo con objeto seleccionado

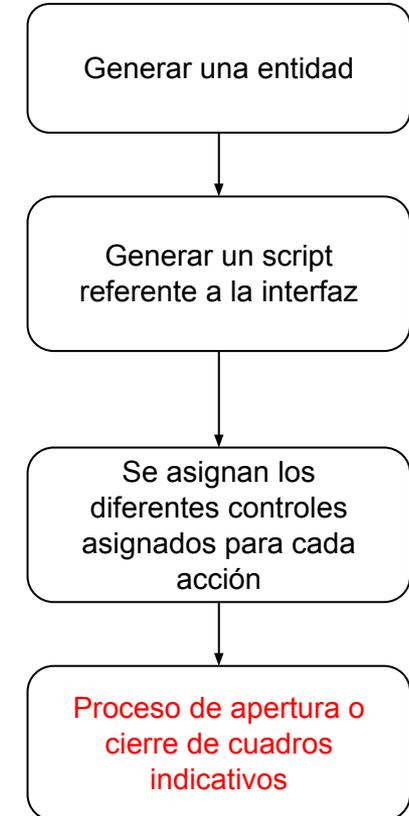
Fuente: Autores.

Diseño de interfaz con el usuario

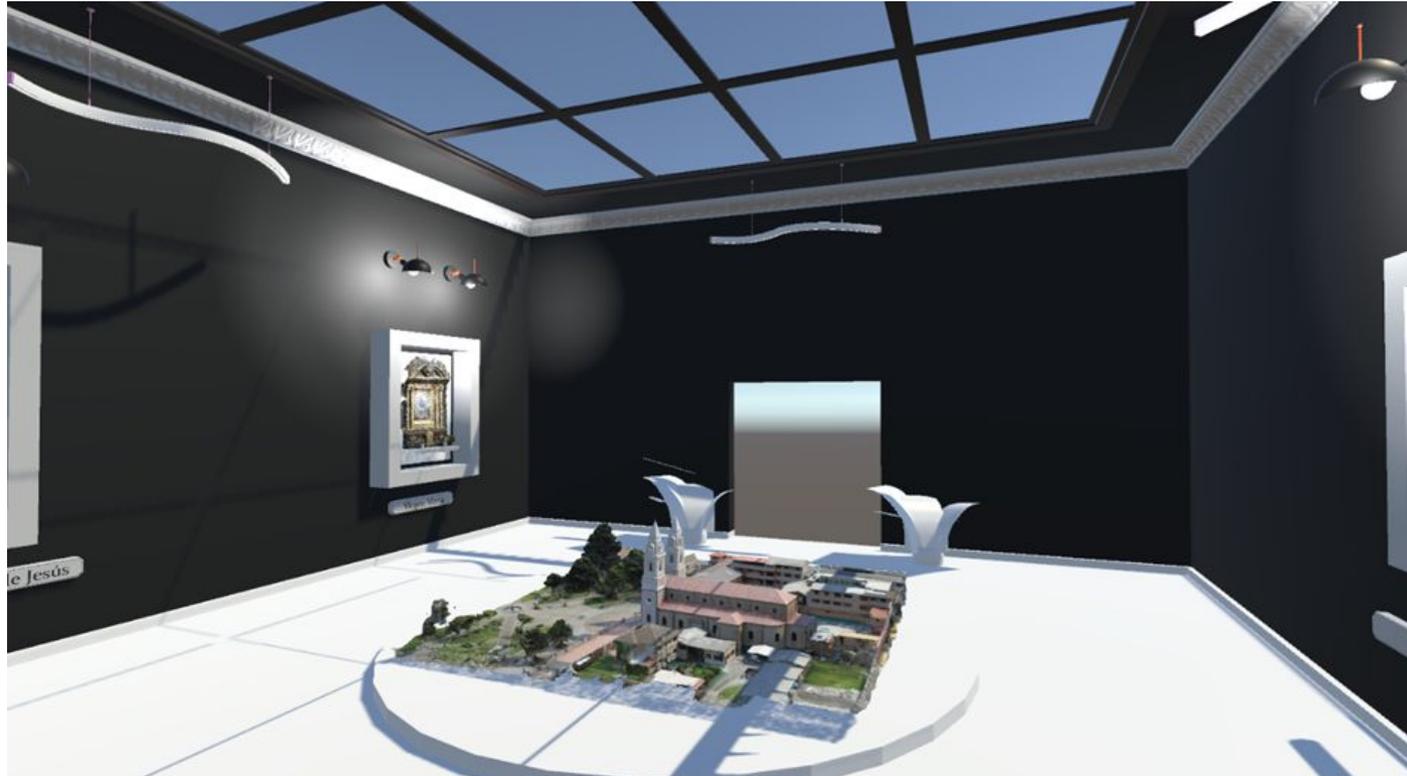
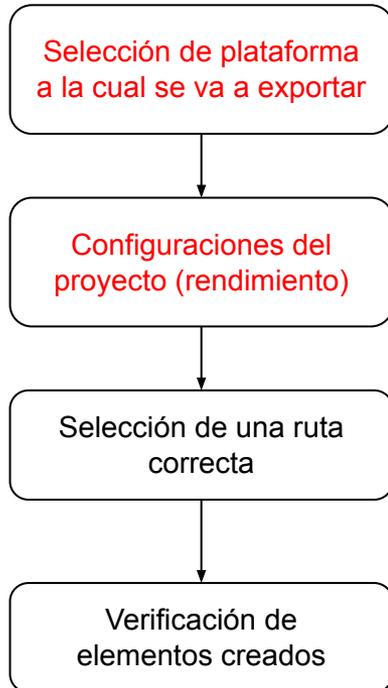


Interfaz del usuario al iniciar el proyecto.

Fuente: Autores.



Proyecto como archivo ejecutable



Cuadro de diálogo con obejeto seleccionado
Fuente: Autores.

RESULTADOS

Modelos internos texturizados

Análisis general de los resultados y posibles soluciones



Ruido en la nube de puntos

Agujeros en los modelos texturizados

Distorsiones geométricas que afectan la fiabilidad del modelo

Fuente: Autores

Modelos internos texturizados

Análisis general de los resultados y posibles soluciones

Factores	Causas	Efectos	Posibles soluciones
Ruido	Tipo de cámara con la que se realiza la toma	Anomalías en la nube de puntos	Procesos de depuración a detalle
	Inadecuada iluminación	Imágenes altamente oscuras o con exceso de brillo	Descarte de imágenes con problemas en su radiometría
	Geometría de la toma de fotografías	Deformación del modelo	Aplicación de máscaras para el procesamiento
	Colores de fondo de las obras		Depuración y aplicación de máscaras
Distorsiones	Geometría de la toma de fotografías	Agujeros en el modelo	Interpolación al texturizar el modelo
	Dimensiones del objeto		Tomar fotografías adicionales para cubrir zonas muertas
	Geometría del objeto	Corrimiento y deformación en objetos complejos	Recortar zonas del modelo que se encuentren altamente deformadas.

Fuente: Autores

Modelos internos texturizados

Análisis general de los resultados y posibles soluciones



Fuente: Autores

Los modelos de interiores correctamente depurados de ruido y cuyas imágenes fueron bien capturadas tienen una **alta fiabilidad geométrica** y un buen nivel de detalle.

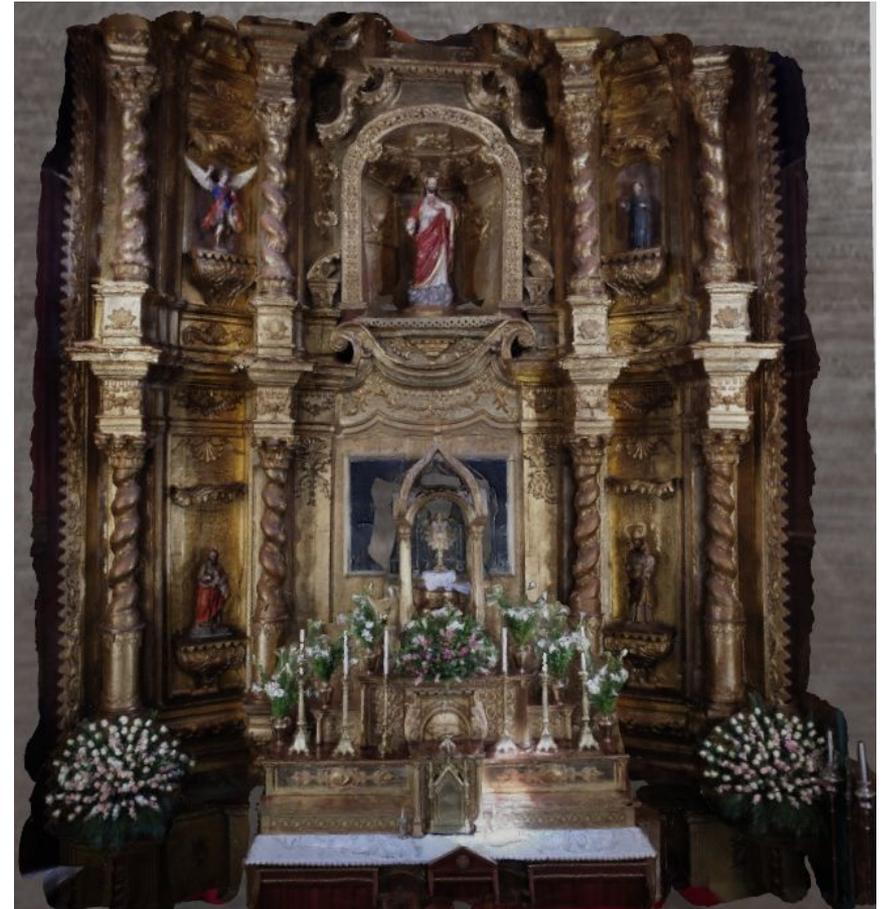
Modelos internos escalados

Los modelos de interiores de buena calidad escalados a dimensiones reales.



Fuente: Autores

Modelos internos escalados



Fuente: Autores

Escenarios, habitaciones virtuales

Iglesia	Escenario Virtual
Iglesia de San Pedro de Conocoto	
Iglesia de la Parroquia El Sagrario	

Fuente: Autores

Escenarios, habitaciones virtuales

Iglesia	Escenario Virtual
Iglesia de San Agustín	
Iglesia y Convento de San Diego	

Fuente: Autores

Museo virtual / Galería de exposición dinámica

Iglesia	Vista dentro del museo virtual
Iglesia de San Pedro de Conocoto	 A virtual museum gallery with dark walls and a large skylight. In the center is a circular platform with a 3D architectural model of a church. The walls feature framed images and spotlights.
Iglesia de la Parroquia El Sagrario	 A virtual museum gallery with dark walls and a large skylight. In the center is a circular platform with a 3D architectural model of a church. The walls feature framed images of architectural details and spotlights. The text 'IGLESIA EL SAGRARIO' is visible at the bottom of the image.

Fuente: Autores

Museo virtual / Galería de exposición dinámica

Iglesia	Vista dentro del museo virtual
Iglesia de San Agustín	 A virtual museum gallery with dark walls and a glass ceiling. In the center, a large, detailed architectural model of the Church of San Agustín is displayed on a white circular platform. The walls are lined with framed historical photographs or documents. The lighting is focused on the central model.
Iglesia y Convento de San Diego	 A virtual museum gallery similar to the one above. In the center, a detailed architectural model of the Church and Convent of San Diego is displayed on a white circular platform. A label at the base of the model reads "Convento de la Recoleta de San Diego". The walls feature framed historical images, and the lighting highlights the central model.

Fuente: Autores

Museo virtual / Galería de exposición dinámica



Fuente: Autores

Visualización de la nube de puntos en realidad virtual



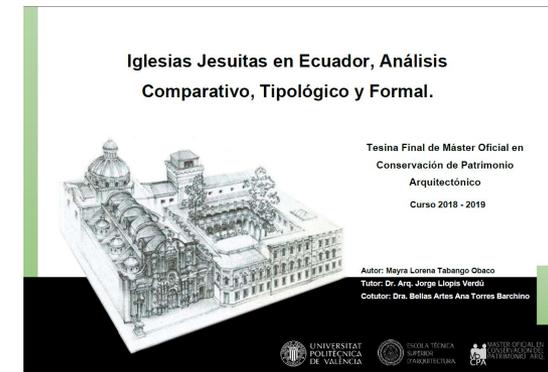
Fuente: Autores

OBJETIVO 2

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN HISTÓRICA



Tríptico de información del Museo Franciscano del Padre Almeida, Convento de San Diego, N/A



Iglesias Jesuitas en Ecuador, Análisis Comparativo, Tipológico y Formal. Mayra Lorena Tabango Obaco, 2019

Fuente: Autores

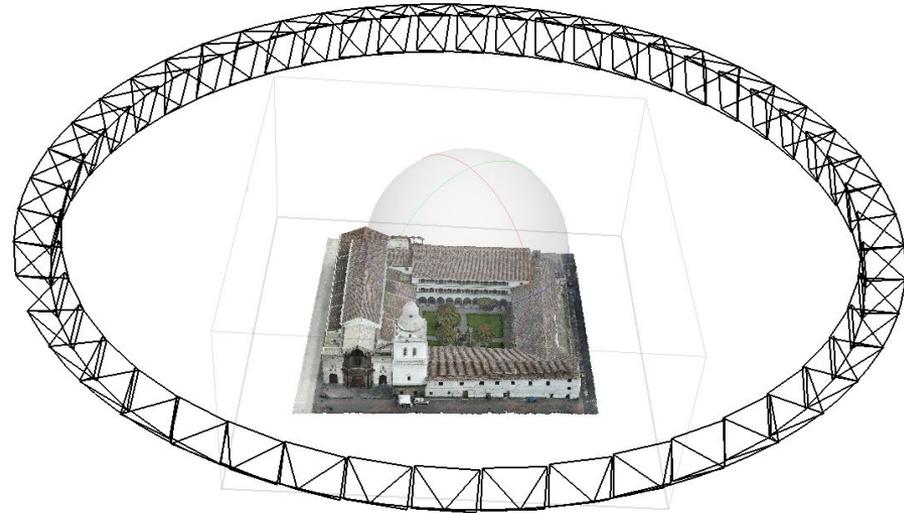
GENERACIÓN DE MATERIAL AUDIOVISUAL

Agisoft Metashape nos permite crear animaciones en formato .AVI de video, de los modelos generados.

Perspective 30°

Snap: Axis, 3D

Parámetros de la animación	
Orientación	Horizontal
Resolución	1440 por 1080
Cuadros por Segundo	24
Formato	.AVI
Altura para la animación	Depende del modelo generado



faces: 1,111,618 vertices: 558,530

Animación del Modelo de la Iglesia de San Agustín, Elaboración propia.

Fuente: Autores

GENERACIÓN DE ORTOMOSAICOS DE LAS OBRAS PRINCIPALES

A partir de los modelos generados de las obras de cada una de las iglesias, se generaron **ortomosaicos**, de las obras más representativas.

Conocoto	San Diego	El Sagrario	San Agustín
Predio de la Iglesia	Predio de la Iglesia	Predio de la Iglesia	Predio de la Iglesia
Altar Mayor	Altar Mayor	Altar Mayor	Altar Mayor
El Sagrado Corazón	Virgen de Chiquinquirá	Mampara Principal	Tolle Lege
La Virgen del Carmen	Lamenting Angel	Retablo a la Virgen Maria	Retablo a El Nazareno
Escultura del Divino Niño	Tota Pulchra	-	-

Fuente: Autores



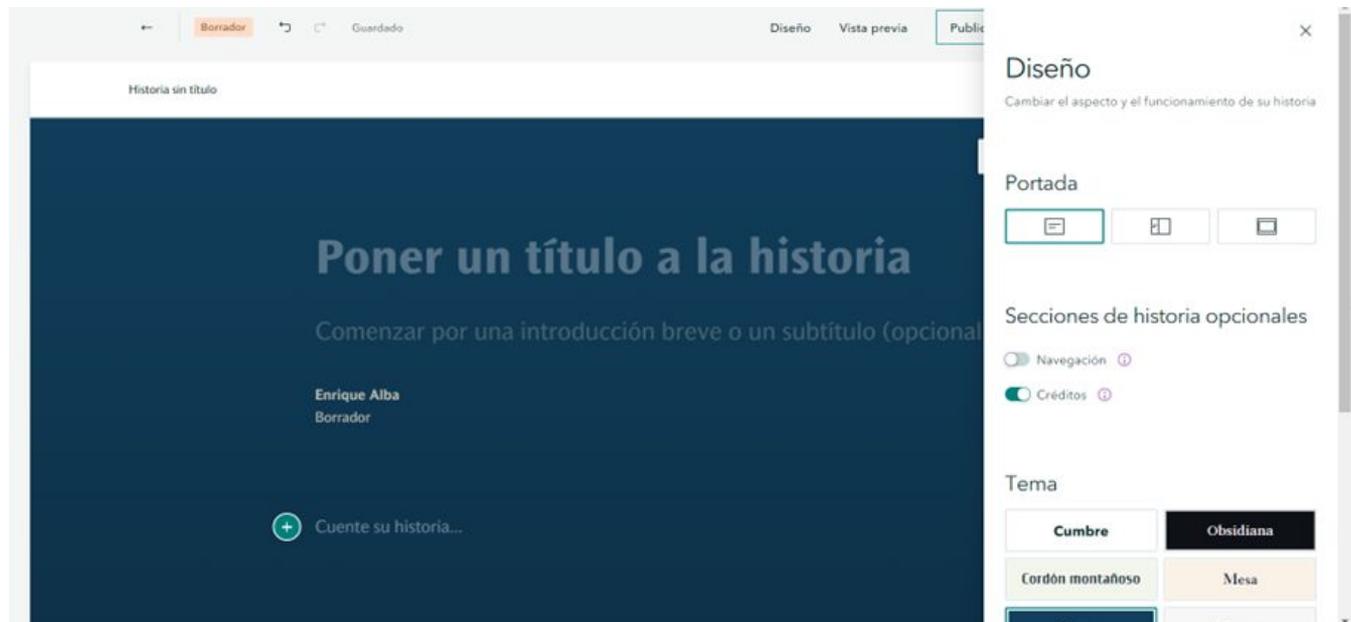
Modelo de la Pintura "Virgen de Chiquinquirá",
Elaboración propia.



Ortomosaico de la Pintura "Virgen de Chiquinquirá",
Elaboración propia.

GENERACIÓN VISUALIZADOR ONLINE

Para la generación del visualizador web, se escogió el aplicativo de ArcGIS StoryMaps, puesto que permite integrar **texto, material multimedia y una interfaz sencilla.**

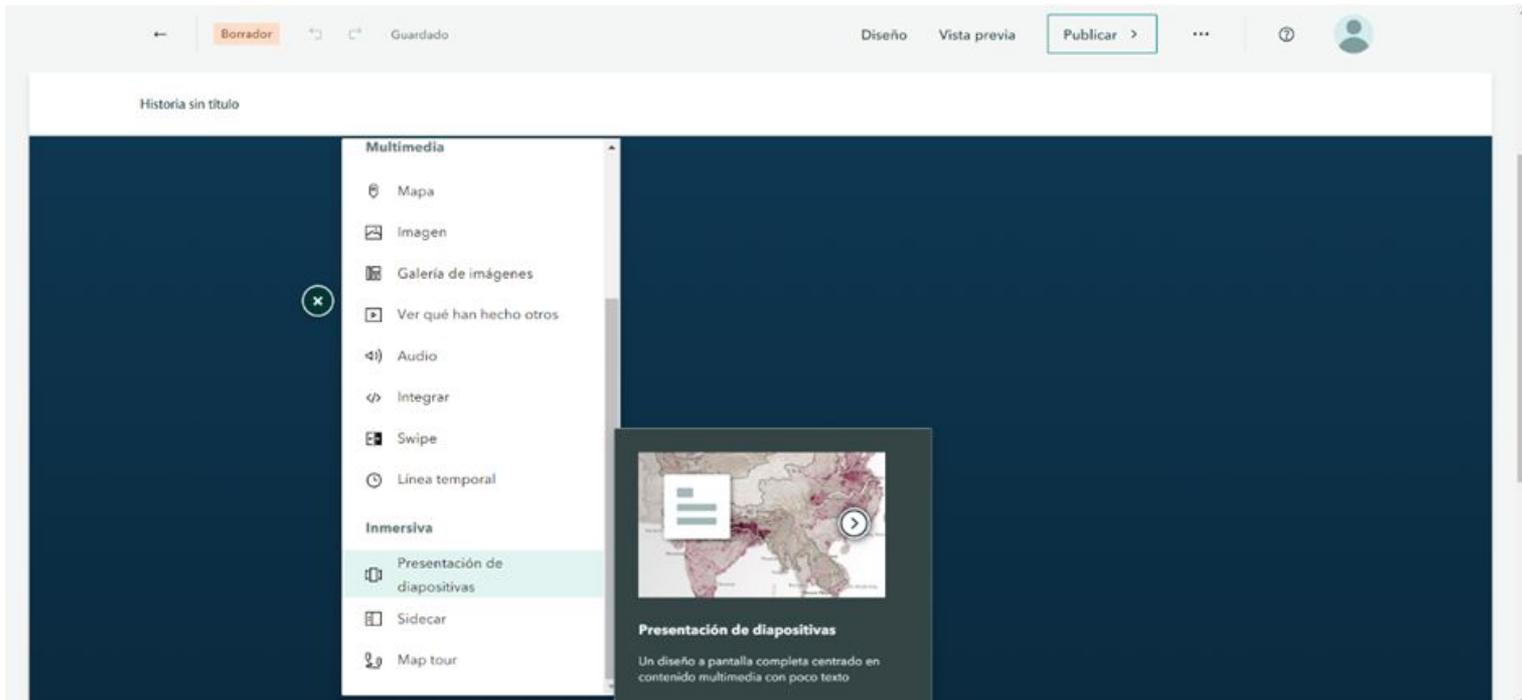


Página principal del StoryMap sin diseño, Elaboración propia.

Fuente: Autores

GENERACIÓN VISUALIZADOR ONLINE

Para cada una de las iglesias se creó una herramienta inmersiva, que permite desplazarse por el visualizar en orden.



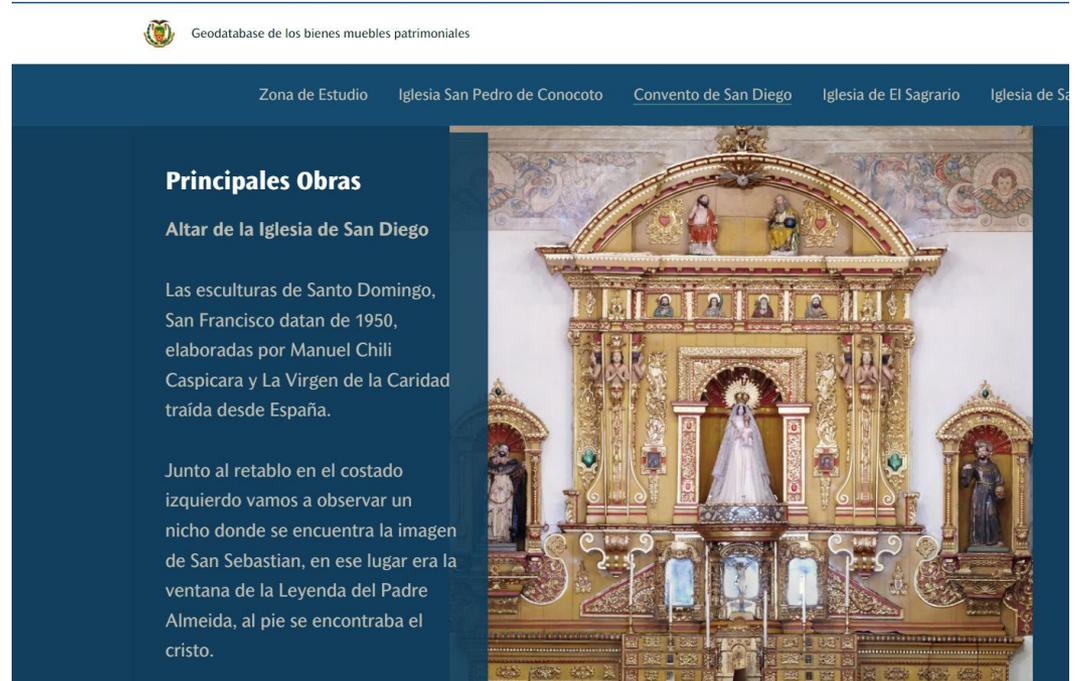
Menú de herramientas de ArcGIS StoryMap, Elaboración propia.

Fuente: Autores

GENERACIÓN VISUALIZADOR ONLINE

Para el diseño del StoryMap, se integró el material histórico recabado, junto con el material multimedia generado.

Se cargaron al visualizador los ortomosaicos, y las animaciones se las integró mediante el sitio web de Youtube, para facilitar y optimizar la visualización de los modelos.

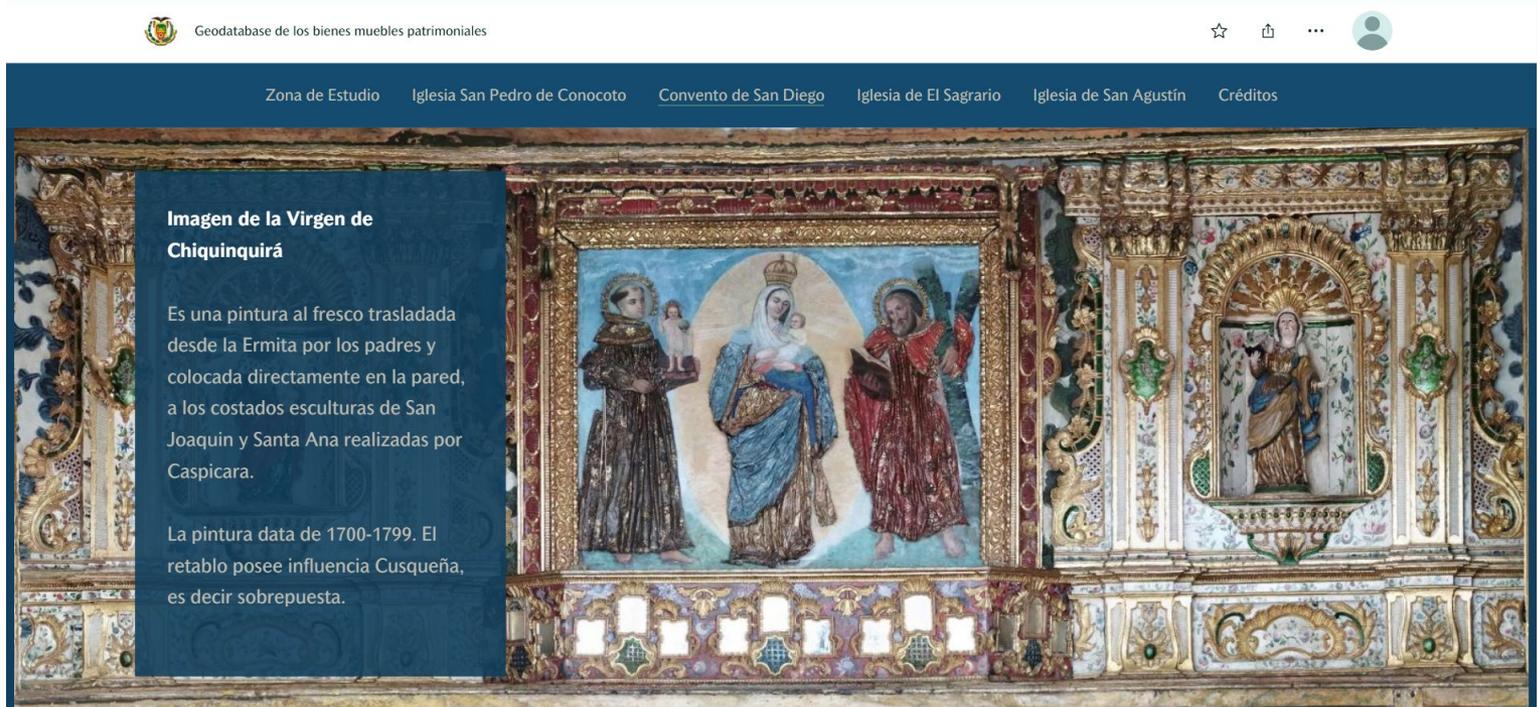


*Altar de San Diego cargado al visualizador Web,
Elaboración propia.*

Fuente: Autores

GENERACIÓN VISUALIZADOR ONLINE

Para facilitar la búsqueda de la información, se habilitó un menú principal, que dirige la página a cada una de las iglesias.



*Obra de la Virgen de Chiquinquirá al visualizador Web,
Elaboración propia*

GENERACIÓN VISUALIZADOR ONLINE

Se genera una portada del StoryMap terminado, con la información del proyecto.



Fuente: Autores

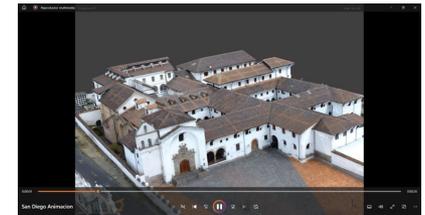
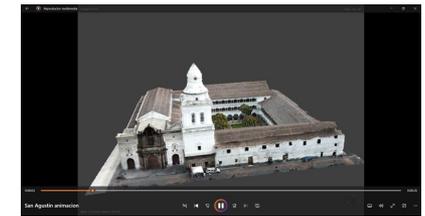
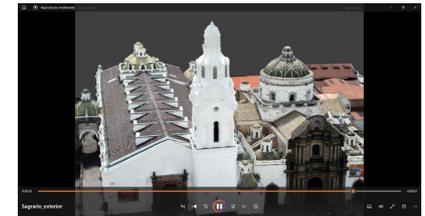
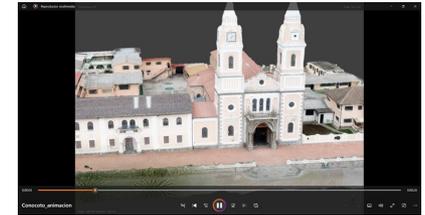
RESULTADOS

RESULTADOS

CONTENIDO MULTIMEDIA GENERADO

Se generaron animaciones de los modelos digitales de las iglesias, los cuales se encuentran en el aplicativo de StoryMaps para su visualización y se encuentran debidamente respaldadas en la nube, en formato .avi

Modelo	Link del material multimedia
Iglesia de San Pedro de Conocoto	Conocoto Animación exterior.avi
Iglesia de la Parroquia El Sagrario	Sagrario Animacion exterior.avi
Iglesia de San Agustín	San Agustin Animacion exterior.avi
Iglesia y Convento de San Diego	San Diego Animacion exterior.avi



Fuente: Autores

Animaciones de los modelos generados, Elaboración propia.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

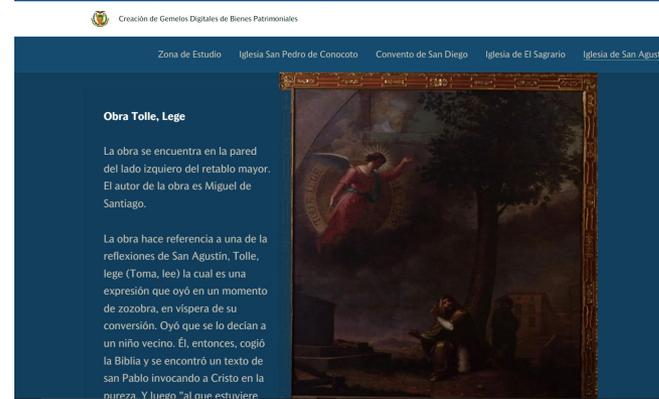


CONTENIDO MULTIMEDIA GENERADO

Las presentaciones y productos geoespaciales fueron plasmados en ortomosaicos de las principales obras de cada iglesia, añadiendo también la información iconológica e iconográfica de las obras



Retablo de la Virgen María, Elaboración propia.



Obra Tolle Lege, Elaboración propia.



Fuente: Autores

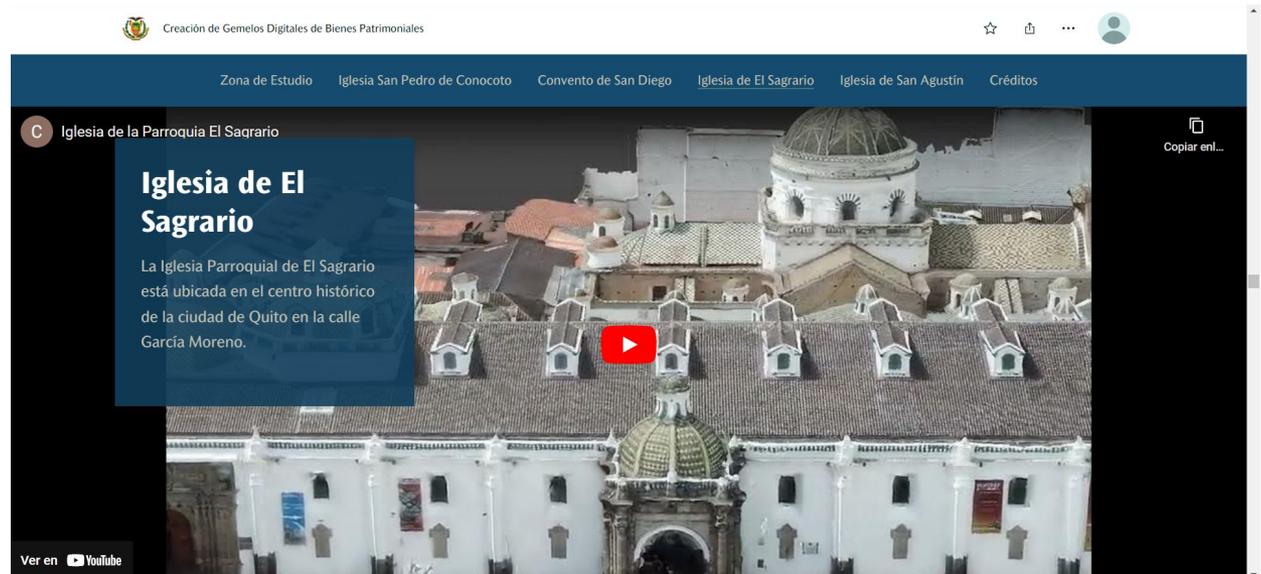
Retablo de "El Nazareno", Elaboración propia.

RESULTADOS

Para el entorno de visualización en la web se escogió el aplicativo de la compañía ESRI, StoryMap donde se logró integrar la información de los modelos generados, obras artísticas, visualización de la información en diferentes formatos, ortomosaicos, productos audiovisuales integrados en la web, e información histórica de los modelos

El StoryMap es difundido con el siguiente URL:

<https://arcg.is/15DDSD>



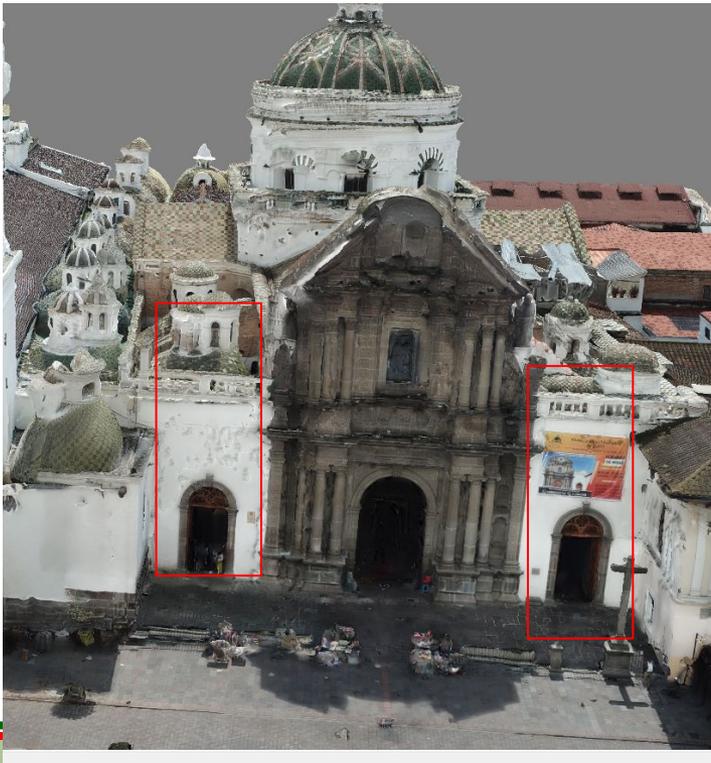
Apartado de la Iglesia de El Sagrario en el StoryMap, Elaboración propia.

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Los productos obtenidos se encuentran dentro de la tolerancia comprendida entre los 10 a 20 centímetros establecida en el libro de (Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica) de Ariza en el apartado de calidad de edificios en tres dimensiones.



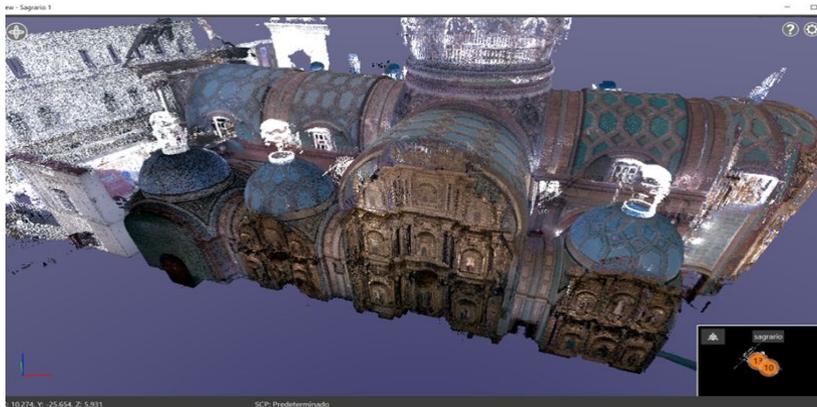
Iglesia	Precisión (m)	
	INT	EXT
Conocoto	0.2	0.134
San Diego	0.1	0.06
San Agustín	0.07	0.05
Sagrario	0.06	0.14

- Los modelos externos generados presentaron deformaciones en zonas que no contaban con **puntos de control**.

- El modelo interno de la Iglesia de San Pedro de Conocoto, presentó varios errores lo que imposibilitó la generación del mismo.

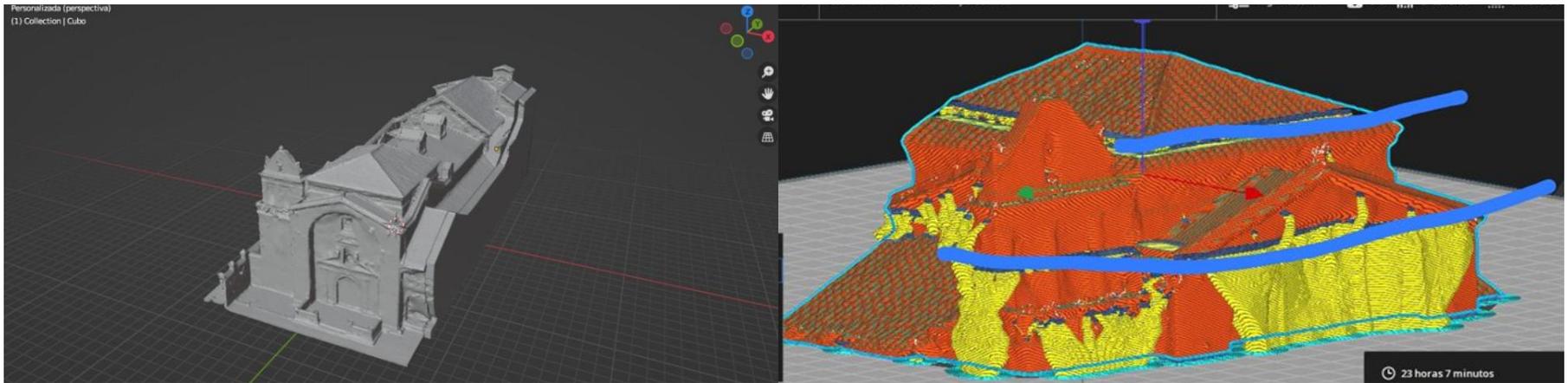


- El escaneo láser presentó mejores resultados en los modelos internos que con fotografías.



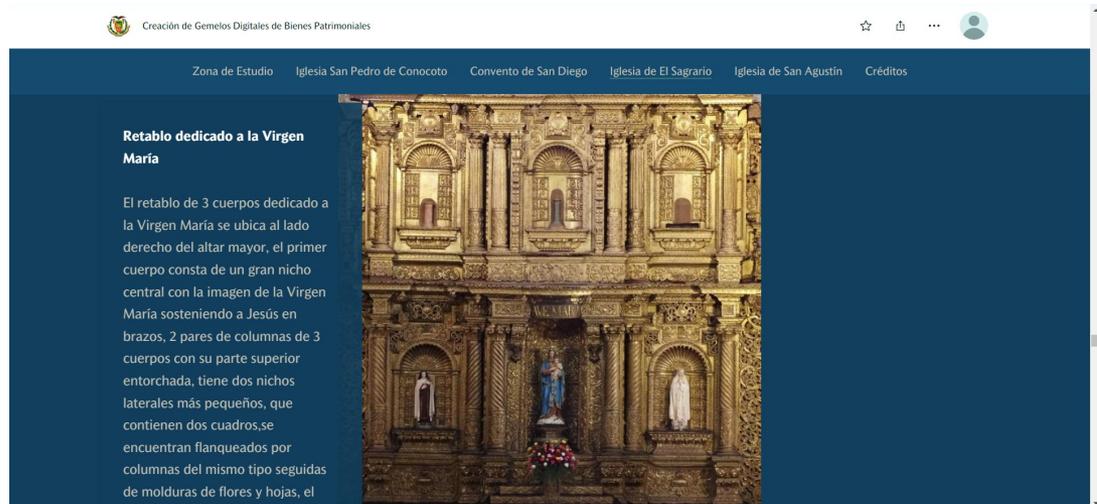
CONCLUSIONES

- En la **impresión 3D física** no fue factible utilizar los modelos generados debido a que estos productos fotogramétricos son texturizados, mas no son modelos sólidos, las deformaciones generadas en los modelos resaltan al ser exportados al Ultimaker Cura, lo que imposibilito la impresión 3D física de los modelos.



CONCLUSIONES

- Se logró implementar un visualizador web de los productos generados con su respectiva información iconológica, iconográfica e información histórica, lo que facilita la difusión de la información generada.



- Dentro de la generación de los modelos digitales, se evidenció la importancia de la difusión de los productos, puesto que, al ser una técnica novedosa y relativamente nueva, las personas tienen interés hacia la información acerca del patrimonio.

CONCLUSIONES

- El **tipo de cámara terrestre** y el **ángulo de toma** inciden directamente en la cantidad de ruido presente en la nube de puntos.
- **Colores blancos** o **extremadamente oscuros** generan una gran cantidad de ruido y agujeros en el modelo tridimensional.
- Si la obra es extremadamente alta en referencia al punto de captura, se generarán agujeros de información en los cuales el modelo tridimensional será poco fiable.
- Para modelar objetos de pequeñas dimensiones es suficiente contar con una cámara digital básica o en su defecto, utilizar una cámara de celular siempre y cuando las condiciones de iluminación sean adecuadas y las fotografías tengan un buen nivel de traslape.



CONCLUSIONES

- Se logró obtener los modelos individuales (altares, cuadros, obras representativas) de cada iglesia a escala real.



- Se logró diseñar y construir el museo virtual el cual funciona como una galería de exposición dinámica para los modelos generados.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Para la captura de datos tanto internos como externos de las iglesias se debe realizar en periodos que no intervengan **fechas conmemorativas** ni exista demasiada afluencia de **personas**.
- En la obtención de datos con el dron se recomienda realizar 4 vuelos: dos en circular en diferentes alturas dependiendo de la zona, uno en doble malla a más altura de los circulares, y un vuelo manual de la fachada, y colocar puntos de control foto identificables y bien distribuidos alrededor del bien patrimonial a modelar, esto con la finalidad de obtener la mayor cantidad de detalles al realizar los productos fotogramétricos.
- Para realizar una impresión 3D de un modelo generado con métodos fotogramétricos se debe utilizar otras técnicas complementarias en las que se pueda obtener cada detalle y se generen resultados con modelos sólidos que permitan la impresión del mismo.



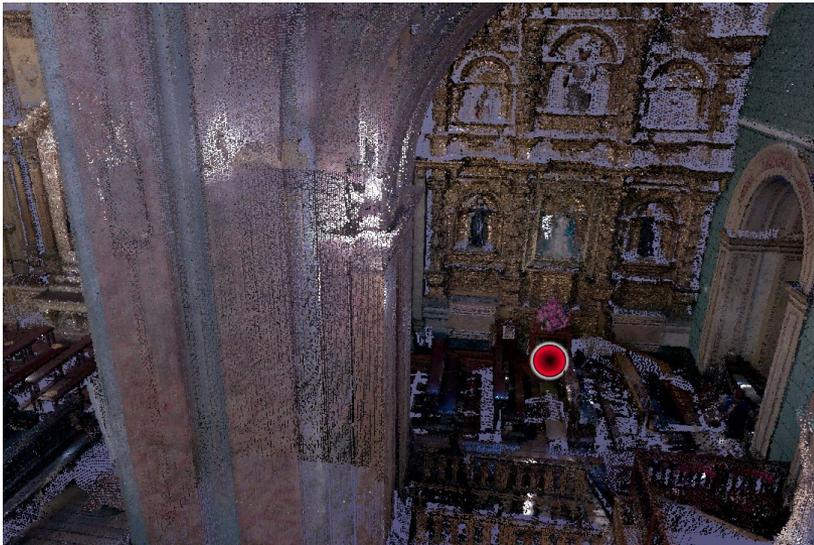
RECOMENDACIONES

- Para la generación de un visualizador web, se debe buscar **opciones de acceso libre**, puesto que, si bien, los StoryMaps de la empresa ESRI hasta cierto punto están disponibles de forma gratuita con la cuenta de Arcgis Online, puede que en un futuro se limite las capacidades que se tiene al momento de la generación de productos similares.
- Al momento de recopilar datos históricos, iconológicos e iconográficos, se sugiere realizarlo de material bibliográfico de la construcción de las iglesias, así como encuestas a las personas encargadas de los museos, siendo indispensable los datos proporcionados, para corroborar la información obtenida de materiales en línea.
- Con la experiencia adquirida, se recomienda el uso de una aeronave no tripulada, en específico de dimensiones similares al utilizado en este proyecto, siendo un **dron DJI Mavic Mini**, por su facilidad de movimiento en interiores al momento de capturar información de partes altas.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de un dron DJI Mavic Mini o similares para la captura de información de objetos altos en interiores..
- Para objetos de **alta complejidad geométrica** y **grandes dimensiones** es recomendable utilizar un escáner láser terrestre.



RECOMENDACIONES

- La disponibilidad de los recursos básicos para los diferentes procesamientos es necesario para diseñar un museo virtual.



- La asesoría externa es una parte principal dentro de este tipo de proyectos.



ANEXOS

ANEXOS





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

