



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCUELA SUPERIOR DE TEPEJI DEL RÍO

**MAESTRÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS**

PROYECTO TERMINAL

**RECONSTRUCCIÓN DIGITAL POR FOTOGRAFÍA AEREA DE DOS
OBJETOS SIMBÓLICOS DEL MUNICIPIO DE JILOTEPEC, CON LA
FINALIDAD DE GENERAR UN ARCHIVO DIGITAL.**

Para obtener el grado de
Maestro en Gestión y Desarrollo de Nuevas Tecnologías

PRESENTA

Ing. Juan Carlos Noguera Martínez

Directora
Dra. Lizeth Martínez Ayala

Tepeji del Río de Ocampo, Hgo., México., diciembre de 2021



C. Juan Carlos Noguez Martínez

Candidato a la Maestría en Gestión y Desarrollo de Nuevas Tecnologías

PRESENTE

Por este conducto le comunico el jurado que le fue asignado a su proyecto de tesis terminal de carácter profesional denominado: **"Reconstrucción digital por fotogrametría de dos objetos simbólicos del municipio de Jilotepec, con la finalidad de generar un archivo digital"**, con el cual obtendrá el grado de Maestría en Gestión y Desarrollo de Nuevas Tecnologías y que después de revisarlo, han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del jurado:

PRESIDENTE: Dra. Lizeth Martínez Ayala

SECRETARIO: Mtro. Héctor Daniel Molina Ruiz

PRIMER VOCAL: Dra. María de Lourdes García Vargas

SEGUNDO VOCAL: Dr. Heberto Gómez Pozos

SUPLENTE 1: Dr. Julio César Villalobos Brito

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE:

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo a 1 de diciembre de 2021

M. C. Enrique Espinosa Aquino
Director de la Escuela Superior Tepeji del Río



Para mi familia, por ser un motivo constante para salir adelante. En especial a mis sobrinos; Citlalli y Arturo, por llegar a nuestro hogar.

A México y a la vida... Por darme una nueva oportunidad todos los días.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y su Maestría en Gestión y Desarrollo de Nuevas Tecnologías, por brindarme la oportunidad de continuar con mi preparación; para afrontar los nuevos retos laborales y académicos en un mundo de continuo cambio digital y tecnológico.

A la Dra. Lizeth Martínez Ayala (asesora de tesis) y el Mtro. Héctor Daniel Molina Ruíz, por su continuo seguimiento y apoyo en el presente trabajo. Haciendo una mención especial a las profesoras y profesores que conforman la plantilla de la maestría, por brindarme su valioso tiempo y conocimientos.

Al personal de la Parroquia de San pedro y San pablo, por las facilidades otorgadas para el acceso a las piezas y la realización del trabajo de campo. Al igual que al personal de la dirección de turismo del municipio de Jilotepec Edo. Mex., por su acompañamiento en el inicio del proyecto.

Por último, al comité revisor de tesis; por tomarse el tiempo en la lectura y revisión de mi trabajo final.

Índice

Resumen.....	9
Abstract.....	9
Capítulo 1.- Introducción.....	10
1.1.- Planteamiento del Problema	10
1.2.- Justificación.....	12
1.3.- Objetivos	13
1.3.1.- Objetivo general	13
1.3.2.- Objetivos específicos	13
Capítulo 2.- Marco Teórico	14
2.1.- La Fotogrametría	14
2.1.1.- Aplicaciones de la fotogrametría	16
2.2.- Tipos de Fotogrametría	16
2.2.1.- La Fotogrametría terrestre.....	18
2.3.- Piezas de Objeto de Estudio	22
2.3.1- Historia regional	22
2.3.2.- Piezas simbólicas consideradas.....	25
2.3.2.1.- Pila bautismal	26
2.3.2.2- Cruz del claustro.....	28
Capítulo 3.- Metodología	30
3.1.- Materiales.....	30
3.2.- Software utilizado para la generación y edición del modelo 3D	31

3.2.1.- Meshroom	32
3.2.2.- Blender	34
3.3.- Consideraciones generales de la metodología	36
3.3.1.- Procedimiento	37
3.4. Metodología para la toma de imágenes y creación de modelos 3D	42
3.4.1 Consideraciones iniciales en la toma de imágenes	43
3.4.1.1- Prueba inicial.	43
3.4.1.2- Prueba preliminar de la pila bautismal.	44
3.4.1.3.- Prueba preliminar de la cruz del claustro.	47
3.4.2 Consideraciones finales en la toma de imágenes	49
3.4.2.1- Prueba final.....	49
3.4.2.2.- Prueba definitiva en pila bautismal.	50
3.4.2.3.- Prueba definitiva en la cruz del claustro.	54
3.4.4.- Procedimiento para la obtención del modelo tridimensional.....	58
3.4.4.1.- Edición de la Pila bautismal y Cruz del claustro.	59
3.4.4.2.- Recorte de imágenes	59
3.4.4.3.- Edición y mejoramiento de los modelos.	63
3.4.4.4.- Generación de archivo final	69
Capítulo 4.- Resultados	70
4.1.- Observaciones finales	73
Capítulo 5.- Conclusiones y recomendaciones.....	74

5.1.- Conclusiones	74
5.2.- Recomendaciones	75
5.3.- Productos de tesis	77
Bibliografía	82
Apéndice A. Composición de la ventana del software <i>Meshroom</i>	89
Apéndice B. Requisitos recomendados y mínimos del software <i>Meshroom</i>	90
Apéndice C. Opciones iniciales en la apertura del software <i>Blender</i>	91
Apéndice D. Requisitos recomendados y mínimos del software <i>Blender</i>	92
Apéndice E. Exportación de archivo preliminar al software <i>Blender</i>	93
Apéndice F. Apertura de modelo preliminar en el software <i>Meshlab</i>	95
Apéndice G. Apertura de modelo preliminar en el software <i>Blender</i>	97
Apéndice H. Generación de archivo final a través del software <i>Blender</i>	98
Anexos	99

Índice de Figuras

Figura 1.1 a) Imagen del Objeto Real, b) Reconstrucción Digital del Objeto.....	15
Figura 1.2 Línea Temporal de los dos Últimos Siglos, referente a la Fotogrametría.....	17
Figura 1.3 Ilustración de la visión Estereoscopia Natural (izquierda) y Artificial (derecha).	19
Figura 1.4 Equipo de escáner laser.	20
Figura 2.1 Primera página del Facsímil del Códice de Jilotepec.....	23
Figura 2.2 Mapa que representa la Provincia de Jilotepec en el siglo XVI.	24

Figura 2.3 Parroquia de San Pedro y San Pablo.....	26
Figura 2.4 Pila Bautismal ubicada en la Parroquia de Jilotepec.	27
Figura 2.5 Cruz del Claustro ubicada en la Parroquia de Jilotepec.	29
Figura 3.1 Principales Factores en la Elección del Software.....	32
Figura 3.2 a) Ventana Principal de Meshroom, b) Cadena de “Nodos”.....	33
Figura 3.3 Ventana Inicial de Blender.	35
Figura 3.4 Actividades Principales del Ejercicio Fotogramétrico.....	36
Figura 3.5 Diagrama de Flujo del Procedimiento Fotogramétrico Terrestre Aplicado.	38
Figura 4.1 Impresión de Pantalla de los Nodos Eliminados	43
Figura 4.2 Impresión de Pantalla del Resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Pila Bautismal (Prueba Preliminar).	45
Figura 4.2.1 Impresión de Pantalla que muestra la Parte Inferior de la Pila Bautismal..	45
Figura 4.2.2 Impresión de Pantalla que muestra la Parte Superior de la Pila Bautismal	46
Figura 4.2.3 Impresión de Pantalla que muestra una Parte Lateral de la Pila Bautismal	46
Figura 4.3 Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Cruz del Claustro	47
Figura 4.3.1 Impresión de Pantalla de la Parte Superior de la Cruz del Claustro.....	48
Figura 4.3.2 Impresión de Pantalla de la Parte Frontal de la Cruz del Claustro.....	48
Figura 4.3.3 Impresión de Pantalla de la Parte Trasera de la Cruz del Claustro.....	49
Figura 5.1 Impresión de Pantalla del Croquis que interpreta una Vista Superior de la Pila Bautismal.	51

Figura 5.1.1 Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Pila Bautismal (prueba final).	52
Figura 5.1.2 Imágenes que muestran las Lámparas de Apoyo utilizadas para una mejor Iluminación en la Parte Lateral (a) e Inferior (b) de la Pila Bautismal.	52
Figura 5.1.3 Reconstrucción Digital Antes (a) y Despues (b) de la colocación de Luces de Iluminación.....	53
Figura 5.1.4 Vista inferior de la Reconstrucción Digital Antes (a) y Despues (b) de la colocación de Luces de Iluminación.....	53
Figura 5.1.5 a) Digitalización Preliminar con falta de Material Estructural, b) Reconstrucción Final que muestra una Estructura más Definida.....	54
Figura 5.2 Impresión de Pantalla del Croquis que interpreta una Vista Superior de la Cruz del Claustro.	55
Figura 5.2.1 Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Cruz del Claustro (prueba final).	56
Figura 5.2.2 a) y b) Medición y Marcado de las Distancias para la Toma de Fotografías.	56
Figura 5.2.3 a) Digitalización de la Prueba Preliminar sin Base de Piedra b) Digitalización de la Prueba Final con Base de Piedra.....	57
Figura 5.2.4 a) Reconstrucción Preliminar que muestra una falta importante de Material Superficial, b) Reconstrucción Final con mejora en la Forma Estructural.....	57
Figura 5.2.5 Comparativa entre las Reconstrucción Preliminar (a) y Final (b), mostrando el cambio de aspecto en las Extremidades de la Cruz.	58
Figura 6.1 Impresión de Pantalla de la Ventana principal de Blender.	59

Figura 6.1.2 a) y b), Tira de Herramientas de Posición en Blender y, detalle de los Círculos de Apoyo para la Rotación de la Figura, respectivamente.	60
Figura 6.1.3 Posicionamiento del Objeto en la Parte Central por medio del Menú “Aplicar”.	61
Figura 6.1.4 a) y b), Pestañas para definir el “Modo” de trabajo en el Objeto y, Tira de Botones de Sombreado, respectivamente.	62
Figura 6.1.5 a) y b), Tira de Herramientas de Posición en Blender y, detalle de los Círculos de Apoyo para la Rotación de la Figura, respectivamente.	62
Figura 6.1.6 a) y b), Recorte de la Pila Bautismal y Cruz del claustro, respectivamente.	63
Figura 6.2 a) y b), Herramientas de “Modo” y “Sombreado”. c) y d), Vistas de la Pila Bautismal y Cruz del Claustro; recortadas.	64
Figura 6.2.1 Barra Superior de Herramientas en Blender, señalando la Opción “Sculpting”.	65
Figura 6.2.2 a) Herramientas de “Pincel” y, b) Pestaña “Opciones de Pincel”.	65
Figura 6.2.3 Algunas Zonas con Deformidad en la en la Estructura Principal.	66
Figura 6.2.4 a) Recubrimiento de la Parte Inferior, b) Suavizado de los Bordes Superiores y Fondo de la Pila Bautismal.	67
Figura 6.2.5 Zonas con Irregulares de Forma.....	67
Figura 6.2.6 a) Añadido de Material en la Parte Frontal de la Cruz, b) Aplanado de Caras Frontales de la Cruz.....	68

Figura 6.2.7 a) y b), Detalle de la Parte Lateral Derecha y su Posterior Edición, respectivamente. c) y d), Detalle de la Parte Superior y su Posterior Edición, respectivamente.	68
Figura 6.3 a) Selección de Modelo para Apertura, b) Submenús de Selección para abrir el Archivo Final.	70
Figura 6.3.1 Comparación de la Parte Frontal de la Cruz del Claustro siendo a) Fotografía Real y b) Modelo 3D; respectivamente.	71
Figura 6.3.2 Comparación de la Parte Posterior de la Cruz del Claustro siendo a) Fotografía Real y b) Modelo 3D; respectivamente.	71
Figura 6.3.3 Comparación entre de la Parte Lateral de la Pila Bautismal siendo a) y c) Fotografía Real, b) y Modelo 3D; respectivamente.	72
Figura 7.1 Constancia de participación como Ponente del Taller Virtual “Creación de un Modelo en 3D, a partir de Fotografías por medio de Software”.	77
Figura 7.2 Constancia de Participación en el 8° Congreso de Ingeniería Industrial, con el tema “Reconstrucción digital por Fotogrametría de un Objeto Simbólico del Municipio de Jilotepec”.	78
Figura 7.3 Reconcomiendo por la Participación en 8vo Coloquio Nacional de Servicio Social y Prácticas Profesionales...	79
Figura 7.4 a) y b), Edición de los Modelos 3D por medio de un Software Laminador....	80
Figura 7.4.1 a) y b), Prototipos de Resina que incluyen los Soportes de Impresión.	81
Figura 7.4.2 a) y b), Prototipos de Resina Finales, producto de la Impresión 3D.....	81

Índice de Tablas

Tabla 1.1 <i>Materias que se relacionan con la Fotogrametría Digital</i>	17
Tabla 1.2 <i>División de la Fotogrametría de acuerdo a la Técnica y Entorno</i>	18
Tabla 1.3 <i>Comparativa de ventajas y desventajas entre la fotogrametría y el escáner laser.</i>	
.....	21
Tabla 2.1 <i>Materiales Físicos Utilizados</i>	30
Tabla 2.1.1 <i>Componentes del Equipo de Cómputo</i>	31
Tabla 2.2 <i>Programas Utilizados</i>	31
Tabla 3.1 <i>Características Generales de las Fotografías Preliminares de la Pila Bautismal.</i>	
.....	44
Tabla 3.2 <i>Características Generales de las Fotografías Preliminares de la Cruz del</i>	
<i>Claustro</i>	47
Tabla 4.1 <i>Variables Significativas</i>	49
Tabla 4.2 <i>Características Generales de las Fotografías Finales de la Pila Bautismal</i> ...	50
Tabla 4.3 <i>Consideraciones Generales de las Fotografías Finales de la Cruz del Claustro.</i>	
.....	54

Resumen

El presente trabajo es el estudio de la aplicación de una disciplina denominada fotogrametría, en el cual, se capturan imágenes bidimensionales, su posterior recopilación y procesamiento; por medio del software (en este caso *Meshroom*) en el cual se puede crear un modelo tridimensional del objeto fotografiado. Para este proyecto fueron seleccionadas dos piezas elaboradas por tallado de piedra, ubicadas en el municipio de Jilotepec Estado de México, ya que por sus cualidades físicas y de antigüedad; son objetos de relevancia cultural en la localidad y en el país. La aplicación de esta actividad tiene como fin la elaboración de un archivo digital, económico y accesible; el cual contenga el modelo tridimensional de cada una de las piezas y éste pueda ser consultado a través de un dispositivo digital.

Abstract

The present work is the study of the application of a discipline called photogrammetry, in which two-dimensional images are captured, their subsequent collection and processing; by means of software (in this case *Meshroom*) in which a three-dimensional model of the photographed object can be created. For this project were selected two pieces elaborated by stone carving, located in the municipality of Jilotepec, State of Mexico, because of their physical qualities and antiquity; they are objects of cultural relevance in the locality and in the country. The purpose of this activity is the elaboration of a digital, economic and accessible file, which contains the three-dimensional model of each one of the pieces and which can be consulted through a digital device.

Capítulo 1.- Introducción

El presente documento incluye el desarrollo en la metodología de un ejercicio de fotogrametría. Basándose en algunos trabajos realizados sobre el tema, se recopila información para poder generar una metodología adaptable a la forma y circunstancias de los objetos a retratar, desarrollando una serie de pasos que permitan su ejecución de forma satisfactoria.

El documento está conformado por cinco capítulos; en el primero se menciona la introducción, el capítulo segundo da un panorama general de información histórica de las piezas seleccionadas y la base teórica referente a la fotogrametría. En el capítulo tercero se redacta la metodología, en el capítulo cuarto; se muestran los resultados obtenidos. Culminando con el capítulo quinto; donde se plasman las conclusiones y recomendaciones, finalmente se presentan las referencias bibliográficas, apéndices y anexos, respectivamente.

1.1.- Planteamiento del Problema

...México es uno de los países con una amplia riqueza cultural y arquitectónica a nivel mundial. Según sus Bienes Patrimonio Mundial de la Humanidad, México ocupa el sexto lugar después de Italia, China, España, Alemania y Francia (Secretaría de Turismo, 2016). Actualmente, México cuenta con 981 sitios inscritos, de los cuales 759 son bienes culturales, 193 bienes naturales y 29 bienes mixtos (Destinos México, 2020). Cabe señalar, que México cuenta con 1,911 monumentos históricos registrados en el INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia), (Red Nacional de Información Cultural, 2021). Por lo anterior, nuestro país tiene un lugar importante en el mundo en cuanto a su riqueza cultural visible, donde no solo los principales actores de difusión son las grandes edificaciones arquitectónicas, sino también los objetos creados bajo un contexto histórico y social determinado; que sirven a su vez como “testigos y hablantes” en la comprensión y conocimiento histórico del tiempo en que fueron elaborados. En la mayoría de pueblos, se pude observar una construcción significativa y representativa de cada

localidad. La importancia de la comprensión, observación y cuidado de estas construcciones es vital para la preservación de una parte importante de la cultura en país.

Existen factores muy importantes que afectan de forma inevitable la preservación de los monumentos históricos a través del tiempo. Ya sea por factores propios de los materiales, sus condiciones ambientales o intervenciones humanas; que poco a poco van deteriorando su imagen (Bremer , 2021), donde, en algunos casos llegan a ser irreconocibles. Por lo anterior es importante documentarlos no solo de manera escrita, sino también visible. Existen los medios multimedia (fotografía y video) para lograr este objetivo, sin embargo, es importante incluir nuevas tecnologías que permitan obtener creaciones digitales flexibles y accesibles para su resguardo, edición, reproducción, difusión, etc., a través de medios computacionales.

En particular, la captura de imágenes ha sido un referente importante para la documentación de contextos y eventos particulares en un lapso de tiempo determinado. Como menciona González Ponce “*Asomarse a los archivos fotográficos permite identificar, a la distancia, formas, contenidos y prácticas que hoy brindan información no sólo sobre las imágenes mismas, sino sobre sus productores y sus entornos*” (González Ponce, 2018). Es importante contar con un concerniente pictórico que pueda ser consultado de forma sencilla y rápida, para los diversos fines que puedan convenir. Si bien, para el fin de este proyecto se considera la aplicación de la tecnología como recurso en la generación de una imagen tridimensional; es importante enfatizar que el uso del producto obtenido se puede tomar como fuente de consulta futura. Actualmente, el desarrollo de herramientas y métodos para la captura de imágenes digitales han aumentado de calidad y a una mayor accesibilidad para el público en general, lo que permite su aplicación en este tipo de rubro cultural. Para este caso en particular se utiliza la fotogrametría (terrestre), la cual partiendo de imágenes bidimensionales se genera (por medio de un procesamiento digital) un modelo en tercera dimensión. Buscando una forma de aplicación tecnológica asequible se eligió este tipo de fotogrametría, anudando además a las limitaciones

técnicas y de materiales disponibles. Además, de ser una opción plausible para llevar a cabo ejercicios de índole académico.

El software de preferencia para la realización de imágenes tridimensionales por fotogrametría se apoya en el uso de programas de acceso libre (gratuito) como: *Meshroom* (recopilación y procesamiento de imágenes) y *Blender* (edición y generación del archivo final).

1.2.- Justificación

Las inclemencias del tiempo, aunado al deterioro causado por acciones humanas, cambia la estética de cualquier edificación ubicada a la intemperie, provocando una pérdida y desgaste constante de material y/o partes físicas importantes de la estructura.

Tomando como eje la definición técnica de *protección* dada por el INAH; siendo aquellas acciones que tengan como finalidad la generación de conocimiento para su aplicación en el cuidado, conservación y difusión de bienes culturales (Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2020). Es necesario llevar a cabo un seguimiento de observación, en la cual se pueda documentar de forma clara los cambios superficiales de las estructuras conforme el paso del tiempo.

Conforme a lo ya mencionado, los cambios tecnológicos avanzan de forma constante y vertiginosa, muchos de ellos superándose a sí mismos o reemplazando a otros ya existentes. A pesar de ello, esos cambios siguen acompañados de principios y metodologías “tradicionales”, que sirven como base o complemento para la aplicación de tecnologías novedosas.

Para este trabajo se retoma el caso particular de la fotografía digital y su posterior procesamiento en un software para la conversión de imágenes bidimensionales a tridimensionales por medio de la fotogrametría terrestre.

Para la aplicación del ejercicio fotogramétrico, se seleccionaron dos piezas ubicadas en la parroquia de San Pedro y San Pablo del municipio de Jilotepec, Estado de México, ya que por su antigüedad, apariencia y forma; son referentes culturales importantes y de alcance para la

realización del ejercicio fotogramétrico dentro de la localidad. Como menciona Aza Pusapaz “...se puede encontrar todavía riquezas naturales y culturales dignas de conocerse...” (Aza Pusapaz , 2019). Estas piezas son: la Pila Bautismal y la Cruz del Claustro, ubicadas en la parroquia de San Pedro y San Pablo, respectivamente. Estos objetos elaborados en piedra cuentan con características superficiales y de tamaño apto para la realización del proyecto.

Por lo anterior, en el presente trabajo se propone obtener un conjunto de imágenes fidedignas por medio de la captura de fotografías digitales y su posterior modelado la tercera dimensión, que sirvan como apoyo en futuros trabajos de consulta informativa visual.

1.3.- Objetivos

1.3.1.- Objetivo general

Realizar un modelo tridimensional (3D) de forma sencilla, accesible y a bajo costo de dos piezas simbólicas del municipio de Jilotepec, Estado de México, utilizando el método de fotogrametría terrestre, con la finalidad de obtener un archivo digital para su posterior consulta.

1.3.2.- Objetivos específicos

- Llevar a cabo las gestiones de comunicación con la Dirección de Turismo y Parroquia Municipal de Jilotepec, con la finalidad de obtener los permisos necesarios y acompañamiento para la toma de fotografías y consulta de información.

- Determinar las variables implicadas para el desarrollo del ejercicio fotogramétrico a través de una prueba inicial para desarrollar las medidas de acción necesarias en una prueba final.

- Conjuntar las imágenes 2D utilizando el software *Meshroom* para la generación de las figuras preliminares en 3D.

- Obtener los modelos finales de cada pieza en 3D, como producto de la edición en el software *Blender*.

Capítulo 2.- Marco Teórico

2.1.- La Fotogrametría

Retomado de la RAE, “Del al. *Photogrammetrie*, y este de *Photogramm* 'fotograma', hoy *Fotogramm*, y *-metrie* '-metría'.” (Real Academia Española, 2021). De forma etimológica se puede definir la palabra fotogrametría como “...métrica de lo escrito con luz...” (Quíros Rosado, 2014).

Como preludio, la importancia de la imagen como fuente de información ha estado presente desde los primeros indicios de las representaciones pictográficas sobre una superficie, en las cuales se retrataba algún suceso u objeto específico; con el fin de trasmitir un mensaje. Sin embargo, no es hasta el siglo XIX, con la invención de la fotografía que ese proceso comienza a ser “automático”, dando pauta a la impresión de imágenes tomadas directamente de un contexto real.

La fotogrametría actual se basa en la toma de imágenes digitales de una estructura, en la cual, por medio de un software especializado (que se encarga de compilarlas y procesar la información), se obtiene una gran cantidad de puntos de referencia, que sirven como base para la construcción de un modelo tridimensional. Como lo mencionan Pedro y Javier Luengo, “La fotogrametría ha evolucionado notablemente desde los sistemas analógicos hasta la automatización digital actual”. (Luengo & Luengo, 2019) Esto nos proporciona una amplia gama de posibilidades en su aplicación por el bajo coste y fácil adquisición.

Para que una persona pueda poder ubicar un punto en el espacio o a sí mismo, requiere de puntos de referencia observables en su panorama de visión, refiriéndose a objetos existentes en panorama visual. Dichos puntos también han sido definidos como marcas fiduciales (De Jesús Luis, Ordóñez Velázquez, Pineda Martínez, Brenes Solano, & González Fernández, 2019). En cuanto a la fotogrametría “...si disponemos de dos -o más- fotografías de un mismo objeto tomadas desde puntos de vista significativamente diferentes, es posible obtener coordenadas tridimensionales de cualquier punto de ese objeto” (Charquero Ballester A. , 2016). Es importante

tomar en cuenta una buena cantidad de imágenes del objeto para poder aportar una mayor información al software de reconstrucción.

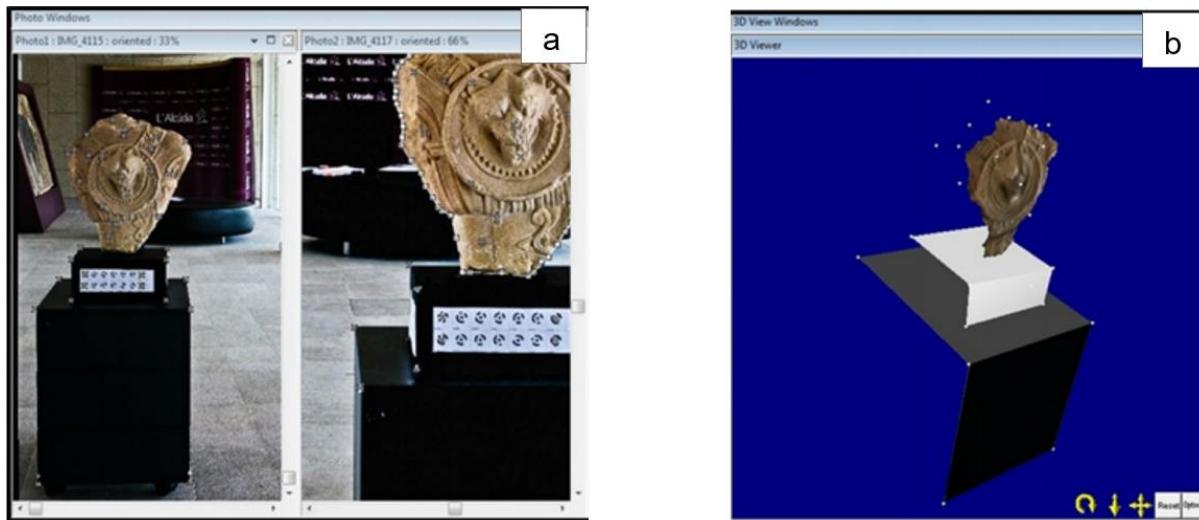
Retomando otra definición, la fotogrametría se refiere al proceso de adquirir información puntual y confiable procedente de imágenes (Granshaw, 2020). Como menciona Luis Jauregui: *“Es una disciplina que crea modelos en 3D a partir de imágenes 2D, para de esta manera obtener características geométricas de los objetos que representan...”* (Jauregui, s.f.). En concreto, se pude obtener una interpretación digital fiel de un objeto determinado, que es de fácil acceso y manipulación por un usuario final.

Para crear un modelo tridimensional, es necesario tener varias imágenes del mismo punto, pero con perspectivas diferentes; a modo de obtener una mayor información visual de las características del objeto desde distintas perspectivas (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014).

Las siguientes imágenes (Figura 1.1) muestran un ejemplo de reconstrucción en 3D; Figura 1.1 (a), un objeto real que sirve como modelo para la reconstrucción en tercera dimensión, y en la Figura 1.1 (b) el modelo digital generado por medio de un software.

Figura 1.1

a) *Imagen del Objeto Real, b) Reconstrucción Digital del Objeto.*



Nota. Adaptada de Documentación del Torso del Guerrero de Alcudia de Elche (Alicante) con Photomodeler Scanner en 2010, de Charquero Ballester, 2016.

2.1.1.- Aplicaciones de la fotogrametría

La información visual obtenida por esta disciplina, puede servir como base de consulta posterior, en trabajos de preservación e información nueva (Naranjo Mogollones & Suazo Navia, 2018). Es importante recalcar la importancia de tener documentación accesible (en este caso digital), generada dentro de un tiempo determinado, que pueda revisarse, complementarse y/o ampliarse en un futuro. Ya que los factores de deterioro en el patrimonio, pueden ser intencionales (humanos) y en ocasiones incontrolables, como las condiciones climáticas/ambientales (Lerma, Cabrelles, Seguí, & Navarro, 2011).

De forma gradual la fotogrametría ha tenido un avance significativo, no solo en el ámbito técnico sino también en la reducción de los costos y adquisición (al menos del software) por parte del público (Almagro, 2003). Esto conlleva a que, a partir del uso de herramientas elementales, personas con conocimientos básicos en el área de informática y fotografía, puedan crear modelos sencillos.

Actualmente, ha sido adoptada en varios campos de aplicación, entre las cuales destacan: ciencias de la salud como dermatología, oftalmología, traumatología (Ey-Chmielewska, Chruściel-Nogalska, & Frączak, 2015). Así también, los ejercicios de fotogrametría o afines, pueden ser aplicados en distintas disciplinas, campos científicos, médicos, arquitectónicos y culturales (por mencionar algunos), con la finalidad de representar espacios, objetos y/o estructuras de interés visual.

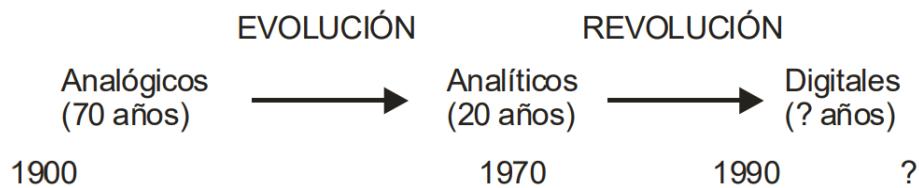
2.2.- Tipos de Fotogrametría

De acuerdo a una interpretación propia, se podrían destacar distintos rubros de clasificación en la fotogrametría, que, para fines ilustrativos en este escrito, se destaca en particular; iniciar con una división principal “*por su modo de aplicación*”. Conforme al trabajo de Delgado García (2010), se destacan 3 formas de tratamiento en las imágenes capturadas, comenzando con la *fotogrametría analógica* (óptico-mecánico), *fotogrametría analítica* (se

incorporan medidas y coordenadas, para llevar a cabo una correlación) y la *fotogrametría digital*, esta última caracterizada por la automatización del proceso (Delgado García, *Fotogrametría Digital*, 2010). En la siguiente ilustración (Figura 1.2) se muestra esta relación en una línea temporal dividida en dos momentos: *evolución* y *revolución*.

Figura 1.2

Línea Temporal de los dos Últimos Siglos, referente a la Fotogrametría.



Nota. Tomada de La Fotogrametría Analógica a la Fotogrametría Digital, de Delgado García, 2010.

En cuanto a la fotogrametría digital, esta, tiene utilidad de aplicación en diversas áreas, y se podría relacionar con distintas materias de forma puntual. A continuación (Tabla 1.1) fue elaborada a partir de la información que presenta Cuartero Sáez (2001), se hace una breve descripción de estas materias:

Tabla 1.1

Materias que se relacionan con la Fotogrametría Digital.

Materias que se relacionan con la Fotogrametría Digital	
Fotogrametría Analítica	... “producción cartográfica a partir de mediciones sobre los fotogramas” ...
Fotogrametría Terrestre	... “dedicada a los objetos cercanos” “fundamental interés es en aplicaciones de conservación del patrimonio histórico” ...
Teledetección	... “ciencia que comprende la detección, identificación, clasificación, y análisis de rasgos, cuerpos y fenómenos que ocurren en la superficie terrestre” ...
Tratamiento de Imágenes Digitales	... “conjunto de técnicas capaces de procesar los datos digitales y cuyo principal objetivo es realizar la información de las imágenes para optimizar la interpretación y análisis humano” ...

Sistemas de Información Geográfica	... “tratan información procedentes de distintas fuentes pudiendo ser algunas de ellas los productos generados en fotogrametría digital” ...
------------------------------------	--

Nota. Adaptada de ¿Qué materias se relacionan con la F. Digital?, de Cuartero Sáez, 2001.

Como una división complementaria a considerar (Tabla 1.2), de acuerdo con Luis Jauregui; se hace mención de 3 grupos, conforme sus técnicas empleadas y entornos de aplicación.

Tabla 1.2

División de la Fotogrametría de acuerdo a la Técnica y Entorno.

Grupos dentro de la Fotogrametría	
Fotogrametría Aérea	... “fotografías tomadas desde una cámara aerotransportada” ... “apropiada para los trabajos cartográficos” ...
Fotogrametría Terrestre	... “fotografías tomadas sobre un soporte terrestre” “se usa principalmente en labores de apoyo a la arquitectura, arqueología, ingeniería estructural” ...
Fotogrametría de Objetos Cercanos	... “agrupa aquellas aplicaciones que no tienen carácter geodésico o topográfico” “aplica para resolver problemas singulares” ...

Nota. Adaptada a partir de la obra Introducción a la fotogrametría, de Jauregui , s.f.

2.2.1.- La Fotogrametría terrestre.

Como fundamento para este proyecto, se retoma el tema de la fotogrametría terrestre que... “utiliza fotografías tomadas con cámaras ubicadas en el terreno y el eje óptico de la cámara es paralelo al plano horizontal del terreno” (Paratopografía, 2021); la cual es utilizada en arquitectura y arqueología, ya que las imágenes son capturadas de forma fija y es afín al trabajo de patrimonio histórico. Esta práctica de apoyo en la recolección de imágenes de objetos históricos no es reciente, sin embargo, ha tomado notoriedad con el surgimiento de las tecnologías digitales.

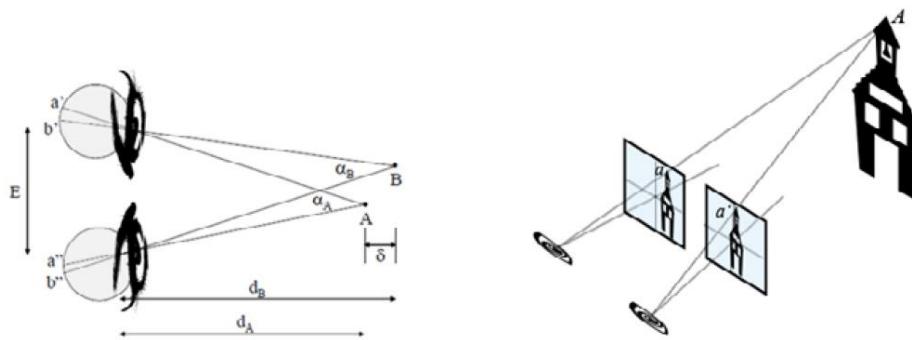
Anteriormente se realizaban dibujos de forma manual para la representación de figuras, y por medio de trazos fidedignos se buscaban plasmar atributos cercanos a la realidad, sin embargo, con el uso de herramientas digitales factores como el tiempo, costo y forma de documentación; ofrecen claras ventajas a al método antecesor (Charquero Ballester A. , 2016).

De forma natural, el ser humano recibe imágenes de su entorno por medio de la visión, de tal manera que la forma y separación de los ojos; captan el panorama visible desde diferentes puntos (disparidad), esta información es recibida posteriormente por el cerebro e interpretada a manera de obtener una percepción de profundidad, siendo el fundamento de la *visión estereoscópica* (Martín, Suárez, Rubio, & Gallego, 2004).

Por otra parte, se busca replicar este efecto estereoscópico por medios artificiales, emulando los diferentes puntos de vista tomando diversas imágenes, resultando una percepción de relieve superficial (Quíros Rosado, 2014). En la siguiente imagen (Figura 1.3) se muestra una comparativa de visión estereoscópica natural y artificial.

Figura 1.3

Ilustración de la visión Estereoscopia Natural (izquierda) y Artificial (derecha).



Nota. Tomada de Visión estereoscópica natural y Visión estereoscópica artificial, de Quíros Rosado, 2014.

Otra tecnología utilizada para la reconstrucción de modelos digitales, es el *escáner laser*; en el que, por medio de un haz de luz de baja intensidad, se lleva a cabo un barrido superficial sobre el objeto de aplicación, ubicando puntos laser de forma espacial de manera tridimensional, este genera un modelo de gran precisión y exactitud. Dicha tecnología, según menciona Mora flores (2011), tuvo sus primeras aplicaciones en la industria petrolífera y se implementó en México a partir de 2009 por parte del INAH, donde se ...“*instrumentó la tecnología escáner láser para fortalecer el conocimiento científico y tecnológico en materia de bienes culturales*”... (Mora Flores , 2011). A pesar de ser una tecnología que se ha simplificado en uso y disminución de tamaño, sigue teniendo una finalidad práctica en el ámbito profesional, debiendo ser utilizados instrumentos específicos para tal fin (Figura 1.4).

Figura 1.4

Equipo de escáner laser.



Nota. Tomada de Equipo empleado por el LIAD, CNMH-INAH: Leica ScanStation..., de Mora Flores, 2011.

A pesar de sus cualidades, la técnica de escáner *laser* presenta algunas limitantes en cuanto al uso inicial en las reconstrucciones digitales (como es el caso de este proyecto). A continuación, se presenta una comparativa (Tabla 1.3) de algunas ventajas y desventajas, comparando la fotogrametría “habitual” (terrestre) con la de tecnología de escáner *laser*.

Tabla 1.3

*Comparativa de ventajas y desventajas entre la fotogrametría y el escáner *laser*.*

Ventajas y desventajas de la fotogrametría terrestre y el escáner láser		
	Ventajas	Desventajas
Escáner <i>laser</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Alta precisión en la ubicación de coordenadas. -Útil en el escaneo de áreas extensas u objetos de tamaño considerable. -Gran exactitud en la recreación de superficies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentación de costo considerable. - El procesamiento de datos requiere de equipos computacionales sofisticados. -El tiempo de recopilación de datos requiere de un tiempo considerable.
Fotogrametría (terrestre)	<ul style="list-style-type: none"> -Ideal para objetos o estructuras de tamaño limitado. -Para un trabajo inicial; no es requerido equipo profesional. -La obtención de imágenes puede ser generada por cámaras de uso cotidiano, al igual que el procesamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -La calidad de los modelos depende de la cantidad y calidad de imágenes. -Se requiere un uso planificado (recorrido), para la correcta -El ambiente luminoso es crucial para un fotografiado claro y preciso.

En otros aspectos importantes considerados para el uso de la fotogrametría terrestre en este proyecto, se toman en cuenta; la misma naturaleza de los objetos a retratar (estáticos) y el ambiente que lo rodea (área limitada). Optando por el uso de la fotografía fija y un recorrido de 360° para la captura de imágenes. Posteriormente, para el procesamiento de las imágenes capturadas; se requiere de un software específico, mismo que su funcionalidad debe ser acorde a lo que se pretende generar, refiriéndose a un modelo tridimensional. Esto, a través de un sistema denominado *restitución* en el que ...”*se aplican los giros, traslaciones y escalas*”

(Careaga, 2019) durante la toma de diversas imágenes; permitiendo abastecer de información al software para una reconstrucción precisa del objeto en sus ejes X, Y y Z. En cuanto a los factores considerados para la elección de software; se abordan en el punto 3.2.

2.3.- Piezas de Objeto de Estudio

2.3.1- *Historia regional*

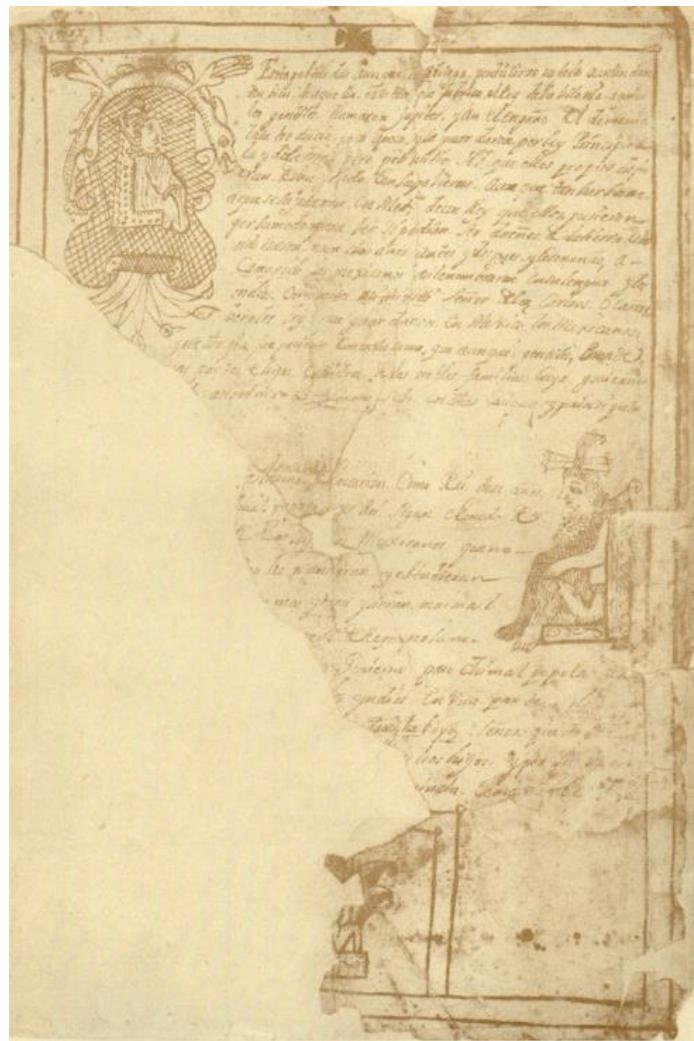
El municipio de Jilotepec es un punto de referencia cultural, y antiguo punto de paso principal para los viajeros que se dirigían al centro del país (Molina Enríquez , 2007), se encuentra ubicado en el norte del Estado de México, colindando con 4 municipios (Polotitlán, Aculco, Timilpan y Chapa de Mota) y a su vez con el Estado de Hidalgo (Huitrón Huitrón , 1999). Es un punto de paso estratégico carretero y de comunicaciones ya que; por esta área transita la autopista México - Querétaro y Arco norte, siendo un lugar de cultivos (maíz principalmente) y crianza de animales, así mismo está rodeado por montañas con gran variedad forestal (Careaga & Gerez, Guía turística, histórica y geográfica de México: Estado de México y Morelos , 1984). Formando prácticamente un municipio en su mayoría rural y de actividades primarias, que actualmente presenta un crecimiento industrial.

No obstante, la zona del municipio fue ocupada en sus inicios por asentamientos de la cultura Otomí, de los cuales se encuentra una cantidad escasa de información, así como pocos vestigios. Algunas fuentes importantes de información sobre los asentamientos humanos en la región; son los códices de Huichapan y Jilotepec (Reyes Retana Márquez Padilla, 2020). Sin embargo, dado que el códice de Jilotepec presenta dificultad de comprensión por la ortografía, sintaxis, falta de continuidad, fechas indefinidas, deterioro y otros factores (Figura 2.1); ofrece algunos datos sobre gobernantes Otomíes, la conquista española, y la política a inicios de la colonización (Reyes Retan, 1990). A pesar de tener un limitado conjunto de referentes históricos, la identidad del municipio está caracterizada principalmente por herencia indígena y colonial.

Considerado antiguamente como un centro Otomí, el territorio de la provincia de Jilotepec abarcaba áreas extensas, incluyendo del actual estado de Hidalgo y Querétaro (Brambila Paz, Medina Medina , Villegas M., Crespo, & Reyes Retana , 2013), siendo una región importante en los cambios políticos y sociales por las disputas de control territorial y de recursos en el centro de México. En la imagen consecuente (Figura 2.2), se muestra la antigua provincia de Jilotepec, marcando además las actuales delimitaciones territoriales.

Figura 2.1

Primera página del Facsímil del Códice de Jilotepec



Nota. Tomada de Facsímil del Códice, de Reyes Retana , 1990.

Figura 2.2

Mapa que representa la Provincia de Jilotepec en el siglo XVI.



Nota. Tomada de Territorio de la Provincia de Jilotepec del Siglo XVI sobre la División Política

Actual, de Brambila Paz, Medina Medina, Villegas M., Crespo, & Reyes Retana, 2013.

Anterior al siglo XIX, los materiales estructurales (en su mayoría) eran los característicos de la edad media incluyendo la cal y arena (Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México , 2009), se puede considerar además la inclusión de piedra como materia prima en las estructuras de edificaciones religiosas.

El municipio de Jilotepec cuenta además con una cantidad considerable de edificaciones y objetos tallados en piedra (en su mayoría) alusivos a época de la conquista y la religión. Tomando en cuenta como muestras representativas, la Cruz Atrial en el centro de Jilotepec, la Cruz de la Colonia Dendho, los petrogrados de San Lorenzo Octeyuco, entre otros.

2.3.2.- Piezas simbólicas consideradas

El presente trabajo está enfocado a la toma de fotografías de dos piezas en particular, las cuales, por sus características históricas, fácil acceso y ambiente de iluminación idóneo; son buenas candidatas para poder llevar a cabo el proyecto. Para la gestión del mismo, se visitó en primera instancia a las autoridades locales (presidencia municipal), para llevar a cabo el acompañamiento y atención de la dependencia correspondiente, en concreto; área de turismo. Posteriormente se visitó la Parroquia de San Pedro y San Pablo (Figura 2.3) ubicada en la Colonia Centro, Jilotepec, Estado de México, para la exposición del proyecto y la solicitud del permiso (véase anexo 1 y 2).

Figura 2.3

Parroquia de San Pedro y San Pablo.



2.3.2.1.- Pila bautismal. El primer objeto considerado es la Pila Bautismal, la cual se encuentra ubicada hoy en día en la parte interna principal de la parroquia (lado izquierdo de la nave central), rodeada por un cerco protector de metal. Huitrón Huitrón (1999) menciona su elaboración aproximada en el mismo tiempo de la construcción del templo.

Como principales características se destaca; que es una sola pieza tallada en piedra (monolítica) y elaborada por indígenas, según menciona el Profesor e Historiador Francisco González Con (Jilotepec TV Canal 21, 2017). Cuenta con proporciones considerables; con un diámetro superior aproximado de 1.38 metros y una altura de 0.96 metros. En sus costados se encuentran tallados escudos franciscanos, dando un indicio de su elaboración, anterior a 1555 (Toussaint, 1962).

Como características adicionales, se puede mencionar que sus *Monogramas* (letras tallas alrededor) en estilo *plateresco*; representan el nombre de Cristo (XPS), Jesús (IHS) y María (MA) dentro de formas ovaladas de medallón. En la parte superior tiene un acabado de formas

rectangulares, correspondientes al arte griego y en su parte inferior tres cordones tallados que hacen alusión a los hábitos franciscanos que representan: *pobreza, castidad y obediencia*. Además, incorpora cinchos metálicos para impedir la cuarteadura en la piedra (Jilotepec TV Canal 21, 2017), protegida también por una valla metálica en su alrededor para limitar el acceso al público.

La pila bautismal es un referente de la escultura del siglo XVI, su forma y ubicación a nivel local; la hacen particularmente reconocible por una gran parte de los pobladores de la región. Las siguientes imágenes tomadas en momentos distintos (Figura 2.4), se muestra una comparación visual, presentado del lado izquierdo (a) una imagen perteneciente al libro *Paseos Coloniales* de M. Toussaint (1962) y en la parte derecha (b) una fotografía reciente de mi autoría (2021).

Figura 2.4

Pila Bautismal ubicada en la Parroquia de Jilotepec.



Nota. (izq) Adaptada de Pila Bautismal, de Toussaint, 1962.

2.3.2.2- Cruz del claustro. El segundo objeto por considerar es la Cruz ubicada en Claustro de la Parroquia, que cuenta con una altura aproximada de 3.5 metros y una base de 1.93 metros de diámetro, la cual está a un costado (lado derecho de la nave central), a diferencia de la pila bautismal, la cruz se encuentra a la intemperie, lo cual ha procurado un deterioro mayor. Esta pieza corresponde a un periodo posterior, que según refiere Toussaint (1962), pertenece al siglo XVII.

La cruz fue elaborada en cantera, la cual muestra en su tallado, una serie de figuras pertenecientes a la temática religiosa (Huitrón Huitrón, 1999). Pueden ser apreciados los símbolos a simple vista, sin embargo, los detalles más minuciosos se han perdido con el paso del tiempo. Esta misma se encuentra apoyada por una base de piedras, la cual le aporta mayor altura e impacto visual.

Si bien, no es la Cruz más grande perteneciente a la parroquia, presenta rasgos distintivos de la época. Comenta el Profesor e historiador Francisco González Con; es una pieza monolítica con una base de 8 lados (que significa *resurrección*). En la parte superior de la Cruz, se observa una típica *cartela* con la inscripción *INRI* (Jesús rey de los judíos), en la parte frontal presenta tallados conforme al estilo *Barroco*, resaltando en su parte central el rostro de Jesús, rodeado por ángeles, complementado en la parte inferior por la figura de la *columna de los azotes* con el gallo de las *negaciones de San Pedro*, y un cáliz con una hostia, además de la representación de los brotes de sangre de Jesús (de manos y pies) indicados (en su parte interna) por unos huecos. En el lado posterior, se destaca una figura circular con una probable *flor*, que es acompañada en sus costados por la talla unos *alicates* y *matillo*, en su parte vertical; la *escalera de San José de Arimatea* con siete peldaños (los siete sacramentos del cristianismo), y en la parte inferior una *mano*. Por último, se destacan los ornamentos florales de los costados en los dos extremos horizontales (Jilotepec TV Canal 21, 2015).

Al igual que con la Pila Bautismal; a continuación (Figura 2.5), se muestra una comparativa de fotografías que, en este caso particular, se muestra un cambio más notorio en la forma estructural, destacando los degastes del relieve en la figura, la falta del recubriendo al pie de la cruz y la existencia de árboles al interior del atrio. Es claro que la primera imagen (a), perteneciente a Toussaint (1962), ofrece un poco información sobre el contexto de esos años, al igual que la imagen tomada de manera reciente (b) en 2021.

Figura 2.5

Cruz del Claustro ubicada en la Parroquia de Jilotepec.



Nota. (izq) Adaptada de Cruz en el Claustro, de Toussaint, 1962.

Nota: En las dos comparaciones se presentan características de calidad de imagen de acuerdo al contexto de la época; siendo difícil interpretar con mayor precisión los cambios surgidos en el paso del tiempo. Para las primeras imágenes no se tiene una fecha concreta de su producción, por lo que; de acuerdo al tiempo de salida de la primera edición del libro *Paseos coloniales* (1939), probablemente pertenezcan a la primera mitad del siglo XX.

Capítulo 3.- Metodología

3.1.- Materiales

Tomando como punto de partida los cuadros de datos presentados por Gudiño Maussán, Aguilar, & Hernández-Rivera (2018) en este apartado se enlistan los diferentes elementos físicos (hardware) y programas (software) utilizados en el apoyo para la captura de imágenes y procesamiento de las mismas. En la Tabla 2.1 y 2.2 Se describen los elementos más importantes para la realización del trabajo de campo y gestión de imágenes. Además de las características generales con las que cuenta el ensamblaje del gabinete (Tabla 2.1.1).

Tabla 2.1

Materiales Físicos Utilizados.

Elementos Físicos				
Elemento	Marca	Modelo	Cantidad	Uso
Flexómetro	Stanley	30-615M	1	Medición de distancia al objeto
Cámara fotográfica	Nikon	COOLPIX P530	1	Toma de fotografías
Cámara fotográfica	Samsung	ST77	1	Toma de fotografías (de respaldo)
Computadora de escritorio	Sin marca ^a , (ver Tabla 2.1.1)	S/M	1	Gestión de fotografías y ejecución de software
Cinta blanca adhesiva	Leader	S/M	1	Marcar los puntos de distancia en el piso para la toma de fotografías
Escalera de tijera	Truper	EST-36	1	Realizar tomas a mayor altura
Cinta flexible de fibra de vidrio	Truper	TFC-50ME	1	Medición de distancia al objeto
Lampara de emergencia	Volteck	LAE-100	2	Iluminación sobre la pila bautismal
Tripie	Vivitar	S/M	1	Colocación de la cámara de manera fija.

^aNo incorpora una marca de fabricación única, ya que se trata de un equipo de ensamblaje personal.

Tabla 2.1.1*Componentes del Equipo de Cómputo.*

Características principales	
Componente	Descripción
Procesador	AMD Ryzen 3 2200G
Tarjeta grafica	AMD Radeon Vega 8 (Integrada con el procesador)
Placa madre	Gigabyte A320M-S2H (v.1)
Memoria	2 módulos de 8 Gb C/U DDR4 (3200 MHz)
RAM	
Sistema operativo	Windows 10 Pro, 64 Bits

Tabla 2.2*Programas Utilizados.*

Elementos de Software				
Programa/ Sistema Operativo	Creador/Origen	Versión	Plataforma de Uso	Uso
Windows	Microsoft	10	NA	Instalación y gestión de software.
Meshroom	alicevision.org	2020.1.1	Windows	Compilación de imágenes y creación del modelo 3D
Blender	Blender.org	2.91.2	Windows	Editar modelos en 3D
Visor de Archivos 3D, de Windows 10	Microsoft	NA	Windows	Visualizar el archivo final

3.2.- Software utilizado para la generación y edición del modelo 3D

La variedad de softwares disponibles con aplicaciones en fotogrametría es amplia, desde programas gratuitos y de baja exigencia en recursos (hardware) hasta aplicaciones con un costo y resultados profesionales (Von Übel, 2021). Sin embargo, se optó por utilizar el software *Meshroom* (para la creación del modelo inicial), ya que cuenta con características afines a las necesidades y alcances del proyecto; la más importante a destacar es que se trata de un software

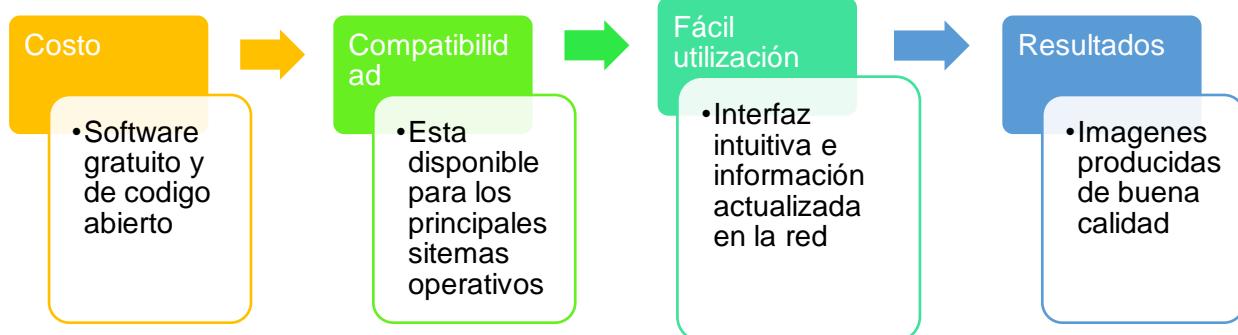
de fácil utilización; que cuenta con un manual de uso disponible en su página de internet, mismo que puede ser consultado en cualquier momento, además de estar acompañado de apoyos audiovisuales que ejemplifican sus resultados.

Para la edición del modelo final fue seleccionado el software *Blender*, el cual cuenta con diversas herramientas enfocadas a la animación, diseño digital, y edición de modelos tridimensionales (Blender, 2021) con que se pudo editar el archivo creado en *Meshroom*. Tanto *Meshroom* como *Blender* son softwares gratuitos de código abierto y se encuentran disponibles para descarga en su página de internet correspondiente. Siendo, además, un software relevante en cuanto a la creación de entornos 3D (Palacios, 2021).

Podrían considerarse como principales factores en la elección del software (Figura 3.1), los siguientes puntos, los cuales permiten un desarrollo de trabajo balanceado, para llevarlo a cabo en el ámbito académico y de aprendizaje.

Figura 3.1

Principales Factores en la Elección del Software.



3.2.1.- *Meshroom*

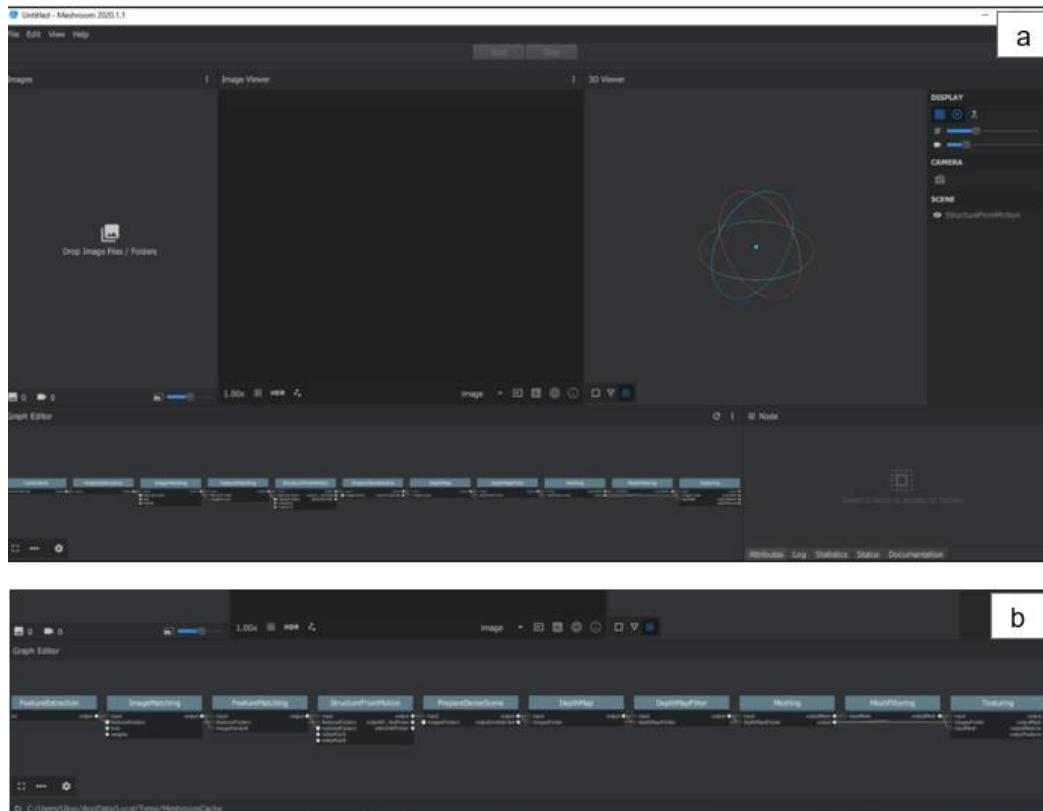
Las soluciones en programas de fotogrametría que se usan habitualmente son de pago, en diversas ocasiones los costos pueden presentar una restricción en la accesibilidad de este software por parte del ámbito académico (Porter, Olson, & Lopez, 2021) optando, como en este caso, por una opción gratuita.

Meshroom es un software enfocado principalmente a la reconstrucción de modelos tridimensionales a partir de imágenes, encontrándose disponible para *Windows*, *Mac*, *Linux* y otros. El cual puede ser instalado conforme a los requerimientos mínimos mencionados en su página oficial (<https://alicevision.org/>). Presenta una interfaz de usuario simple (ver anexo A), conformada por diversos paneles que muestran la colocación de imágenes (importadas) y la posterior generación de un modelo generado. Durante el proceso, *Meshroom* utiliza la técnica fotogramétrica *Structure from Motion* (SfM) y *Multi-View Stereo* (MVS), las cuales generan una nube de puntos y prototipo 3D (Verykokou, y otros, 2020).

Además, la ventana de principal de *Meshroom*, cuenta la parte inferior (Figura 3.2) (b); con un panel de edición de gráficos, el cual muestran las diferentes tareas que se están ejecutando en tiempo real, denominados “Nodos” (Alicevision, 2021).

Figura 3.2

a) Ventana Principal de *Meshroom*, b) Cadena de “Nodos”.



Es importante mencionar que dentro de los requisitos recomendados (ver anexo B), se enfatiza el uso de una tarjeta gráfica marca Nvidia con un GPU (Unidad de procesamiento gráfico) CUDA, la cual “...es *una plataforma de computación paralela y un modelo de programación desarrollado por NVIDIA para computación general en unidades de procesamiento gráfico (GPU)...*” (Nvidia, 2021), aportando una mejora en rendimiento. Sin embargo, para este proyecto no se cuenta con una tarjeta gráfica de esas características por lo que se optara el uso de los requerimientos mínimos coincidentes con lo disponible al momento (ver Tabla 2.1.1).

Observación: Al no contar con una tarjeta gráfica recomendada. Conforme a lo indicado en el apartado del manual de *Meshrout* (ver apéndice B), será necesario optar por el “*Draft Meshing*”, el cual se refiere a la eliminación de 3 nodos de trabajo (Mellet, 2021), los cuales son ejecutados con base a las características graficas de las tarjetas *Nvidia* (recomendadas), permitiendo de esta forma poder completar la reconstrucción del modelo, pero con una calidad menor en cuanto al mallado.

El procesamiento de las imágenes comienza con la importación de fotografías arrastrándolas dentro del panel de imagen, y pulsando el botón superior “start”, de esta forma comienza la secuencia de trabajo (como se explica en el apartado 3.3.1).

3.2.2.- *Blender*

Como se mencionó anteriormente, para la edición del modelo se utiliza el software libre y gratuito *Blender* (versión 2.92). El cual es un programa enfocado a la construcción y modelado en 3D, renderizado, animación digital, entre otros; mismo que puede ser ejecutado en diversas plataformas como lo son *Windows, Linux y Mac* (Blender, 2021).

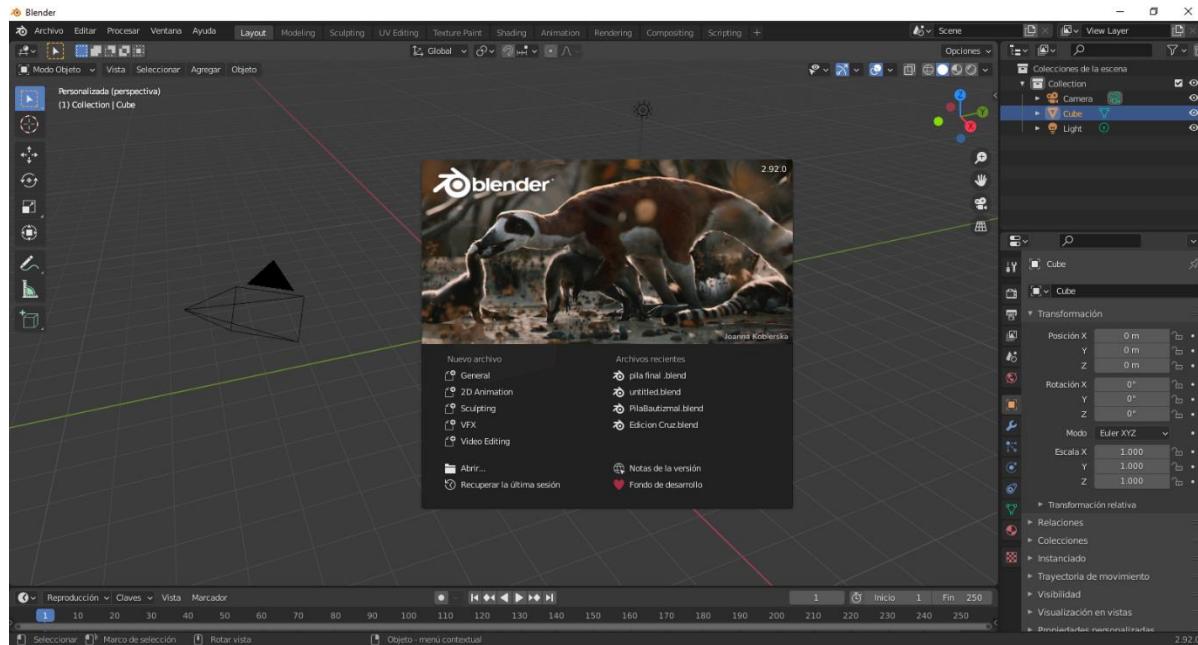
En este programa se puede llevar a cabo el cambio de posición, tamaño y orientación de objetos en 3D, previamente construidos, siendo una herramienta versátil utilizada en el ámbito profesional de diseño, cinematográfico y científico (Palacios, 2021).

A parte de los factores mencionados en el punto 3.2, para la selección se este programa fue considerada la compatibilidad de trabajo con otros softwares; ya que el archivo inicial generado en *Meshroom* (con extensión .OBJ), puede ser exportado a *Blender*; para poder realizar cambios en su estructura.

Como principales características, el programa cuenta con una interfaz ordenada la cual está integrada por barras de menú principal en parte superior, con sus respectivos botones; que despliegan a su vez submenús complementarios en la parte izquierda, entre otras características en su pantalla de bienvenida (ver apéndice C). A continuación (Figura 3.3), se muestra la ventana principal de trabajo.

Figura 3.3

Ventana Inicial de Blender.



Otro factor importante a considerar para la elección de este software, fueron los requisitos necesarios para su instalación, que si bien, al igual que en *Meshroom* no se cuentan con las características optimas en el equipo de cómputo; si se cumplen a mayor medida los requisitos mínimos (ver apéndice D). Esto permite tener una mejoría de rendimiento en la forma de trabajo.

Como se describe más adelante en el punto 3.4.4, se utilizaron (principalmente) las funciones del menú “Layout” y “Modeling”, para recortar y dar forma al Modelos digital final.

3.3.- Consideraciones generales de la metodología

Es importante seguir una metodología que pueda aportar una guía de seguimiento para obtener resultados de mejor calidad. Factores como la luz, distancia, cámara y encuadre; son determinantes en el ejercicio de captura de imágenes (De Jesús Luis, Ordóñez Velázquez, Pineda Martínez, Brenes Solano, & González Fernández, 2019). En este trabajo se abordará una metodología (a manera de propuesta propia); la cual es construida a partir de las características de los objetos, además de su ambiente.

En cuanto a la obtención de un modelo tridimensional de buena calidad. Los bordes irregulares y dispersos “...bajo contraste, ruido en las imágenes y variedad de colores dentro de la región de interés, plantean un tremendo desafío ...” (Castillejos Fernández, López Ortega, Castro Espinoza, & Ponomaryov, 2017). Cabe aclarar que el presente trabajo únicamente tiene como finalidad obtener una imagen fidedigna del objeto para crear una visión estéticamente correcta; con los materiales que hasta el momento se tienen disponibles. Dejando a un lado parámetros de información técnica específica (como escalado del modelo y especificaciones de captura fotogramétrica, entre otros). Puntualizando en que aún con las limitaciones existentes (de iluminación y equipo técnico no profesionales) se puede crear un modelo final de calidad aceptable para los fines antes señalados (objetivos). El procedimiento (Figura 3.4), está dividido en 4 actividades principales las cuales son:

Figura 3.4

Actividades Principales del Ejercicio Fotogramétrico.



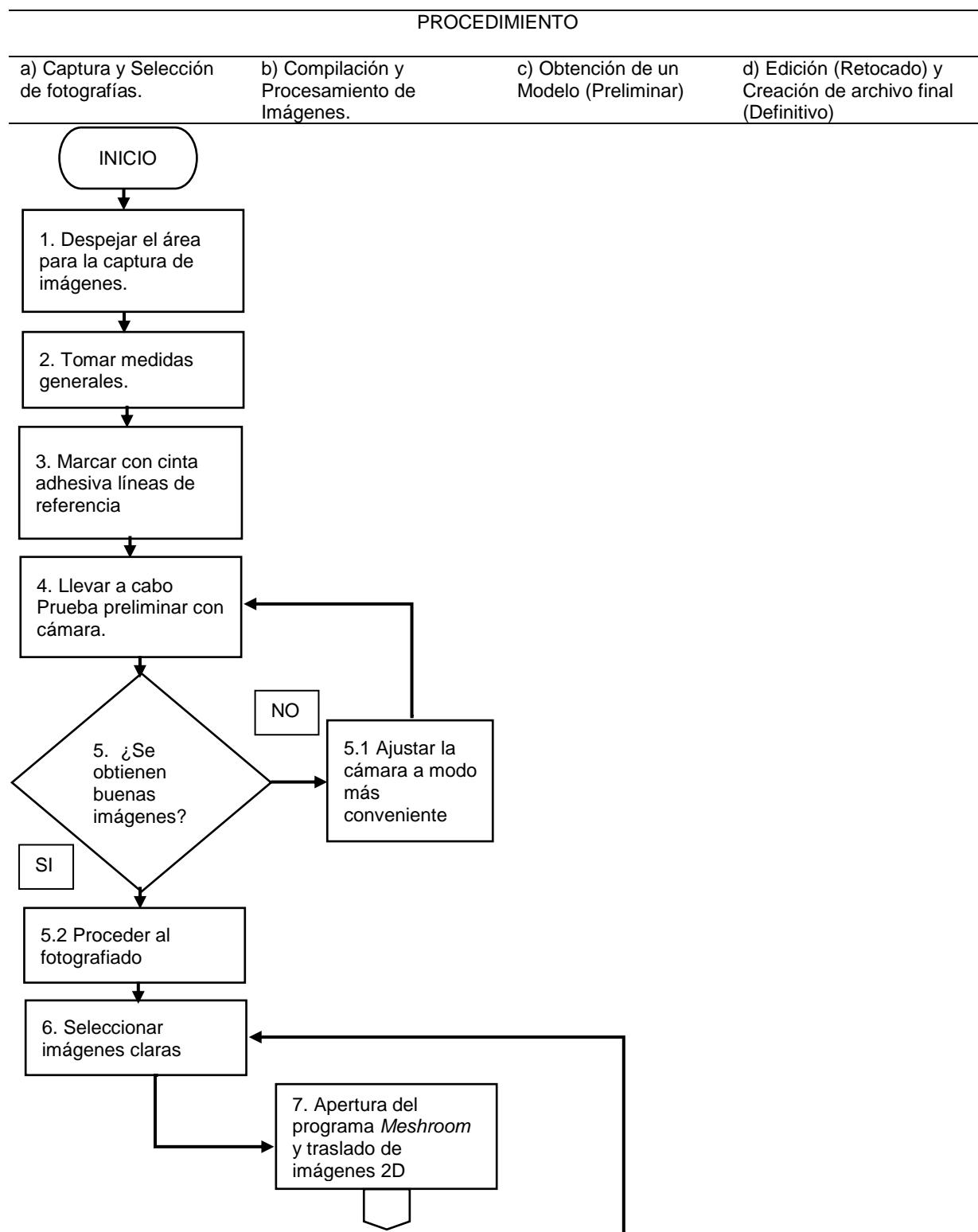
A continuación, se describe la serie de pasos esenciales para la creación del modelo en tercera dimensión. Partiendo de la posición original del objeto a retratar, se procede a llevar a cabo la toma de fotografías, la selección de tomas y finalmente la reconstrucción digital. Cabe señalar que para esta prueba no se utilizan equipos de fotografía profesionales, y las diferentes consideraciones a retomar; como el no utilizar flash (Alicevision, 2021), son extraídos del apartado “Manual” de la página alicevision.org (de la cual se descargó el software Meshroom).

3.3.1.- Procedimiento

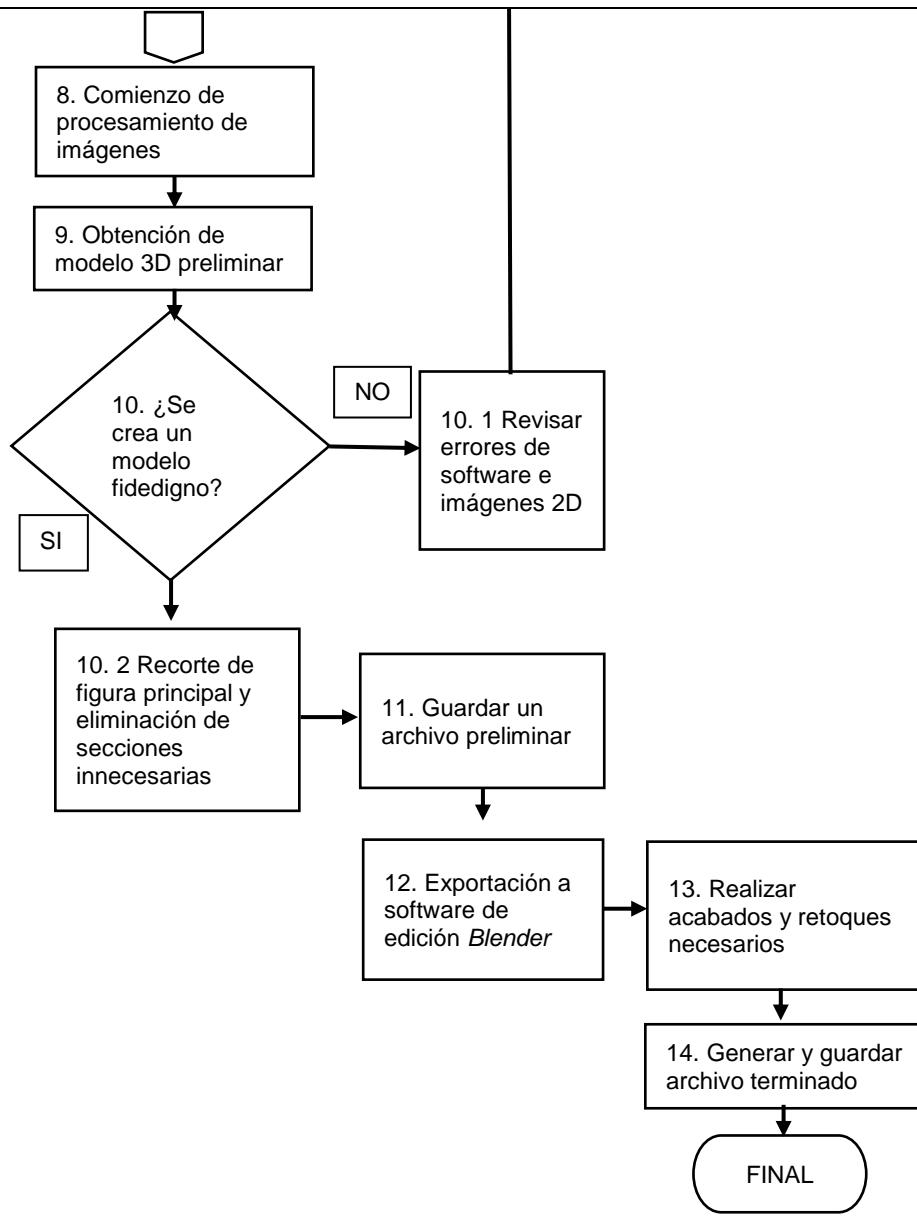
Para la realización de la captura de imágenes, se toma como eje de partida las consideraciones mencionadas en el apartado del manual de la página de Alicevision (2020), las cuales no son parámetros específicos. Ya que cada objeto a retratar, junto con su ambiente, son distintos. Tomando en cuenta también lo redactado en la página del 3D Collective (en su guía de fotogrametría), primero es necesario determinar el objetivo para llevar a cabo una buena toma de decisiones (3D collective, 2018). Este proyecto (en su fase inicial) será enfocado a la obtención de imágenes claras, que puedan crear un modelo de buena calidad visual. Aunado al no contar con equipo profesional, se considera el uso del modo automático de la cámara (P) como función principal.

En el siguiente diagrama de flujo (Figura 3.5) se muestra la serie de pasos generales que son aplicables a la toma de imágenes de las dos figuras, ya que se encuentran estáticas y son de un volumen considerable. Cabe señalar que las principales diferencias en la captura de fotografías de una a otra serán; el uso de escalera y de una mayor distancia de fotografiado para la cruz del claustro.

Nota: Las mediciones longitudinales con cinta métricas serán actividades complementarias al trabajo, ya que aportarán un referente únicamente informativo. Mencionando además que no son cintas calibradas, ni se siguió una metodología específica.

Figura 3.5*Diagrama de Flujo del Procedimiento Fotogramétrico Terrestre Aplicado.*

-
- | | | | |
|--|---|--|--|
| a) Captura y Selección de fotografías. | b) Compilación y Procesamiento de Imágenes. | c) Obtención de un Modelo (Preliminar) | d) Edición (Retocado) y Creación de archivo final (Definitivo) |
|--|---|--|--|
-



A continuación, se muestra la descripción de los pasos redactados en el diagrama de flujo anterior:

a) Captura y selección de fotografías

1.- Despejar el área para la captura de imágenes: Llevar a cabo la revisión del área a ocupar para la toma de fotografías y, de ser necesario retirar algunos elementos irrelevantes de uso cotidiano que impidan la visibilidad.

2.- Tomar medidas generales: Con ayuda de cinta métrica se realizan las medidas generales (altura, anchura, diámetro etc.) con la finalidad de obtener información complementaria de las piezas.

3.- Marcar con cinta adhesiva líneas de referencia: Se pegarán líneas de cinta adhesiva de forma radial, tomando como centro la figura, con el fin de tener una referencia visual en el piso para poder realizar el desplazamiento alrededor de la pieza. Midiendo una distancia prudente con el flexómetro. Esta última será dada por la imagen obtenida en la cámara, haciendo énfasis en que el objeto principal deberá ocupar una buena parte del espacio central en la fotografía final.

Nota: De ser necesario se delimitará con cinta adhesiva un área alrededor de la figura (lo suficientemente amplia) para evitar la interrupción por parte de personas que puedan transitar de manera cercana.

4.- Llevar a cabo Prueba preliminar con cámara: Se tomarán fotografías de prueba, que sirvan como referente para llevar a cabo más tomas.

5.- Revisión de imágenes:

5.1.- Ajustar la cámara a modo más conveniente: En caso de no obtener una imagen clara, se procederá a cambiar el modo de captura de la cámara y/o ajuste de la distancia. De ser necesario, optar por utilizar la cámara de respaldo y repetir los pasos 3 y/o 4.

5.2.- Proceder al fotografiado: En caso de obtener imágenes claras, se procede a retratar la figura por toda su periferia y realizando varias vueltas (alzando cada vez más la cámara) con la finalidad de captar toda la estructura de la pieza.

6.- Seleccionar imágenes claras: Las imágenes capturadas son transferidas a la computadora y se lleva a cabo una selección de imágenes, descartando aquellas que no puedan apreciarse bien y/o contengan algún defecto significativo a simple vista.

b) Compilación y procesamiento de imágenes

7.- Apertura del programa Meshroom y traslado de imágenes 2D: Se abre el programa Meshroom (previamente instalado), y se realiza el traslado de la selección de imágenes al espacio contenedor de la ventana del programa; conforme se indica en el manual.

Nota: Es necesario aclarar que la computadora destinada para el procesamiento de imágenes no cuenta con las características principales sugeridas en la página de internet de *alicevision* (2020), destacando la falta de una tarjeta gráfica dedicada NVIDIA CUDA. Sin embargo, si cumple con los requerimientos básicos para llevar a cabo las funciones principales, pero con mayor demora.

8.- Comienzo de procesamiento de imágenes: Conforme al manual de uso del software, se continua con el procesamiento de imágenes, revisando que cada una de las ventanas de avance, concluya satisfactoriamente.

9.- Obtención de modelo 3D preliminar: Terminado el proceso, se obtiene una nube de elementos, los cuales serán la base para la construcción de un modelo preliminar.

10.- Revisión del modelo obtenido:

10.1.- Revisar errores de software e imágenes 2D: En caso de no obtener un modelo satisfactorio, se revisarán errores ocurridos durante la ejecución del programa y/o repetirán los pasos 6 y 7.

10.2.- Recorte de figura principal y eliminación de secciones innecesarias: En caso de obtener un modelo satisfactorio, se lleva a cabo la eliminación de elementos no deseados incluidos en la reconstrucción digital y se recorta el área que delimita la figura principal con el fin de obtener la estructura de interés.

c) Obtención de un modelo (semidefinitivo)

11.- Guardar un archivo preliminar: Con las propias herramientas del software, se procede a guardar el archivo correspondiente “texturing” (contenedora del documento .OBJ), en una carpeta previamente asignada.

12.- Exportación a software de edición Blender: Se apertura el programa (previamente instalado), y se importa el archivo generado anteriormente. Con una visión rápida, se gira el modelo creado, encontrando los puntos en los cuales se pueda llevar a cabo una edición (ver apéndice E).

d) Edición (retoquado) y creación de archivo final (definitivo)

13.- Realizar acabados y retoques necesarios: Comparando el modelo generado en 3D, con las fotografías tomadas (o de ser posible) con la figura real. Se llevan a cabo las modificaciones y/o retoques necesarios a la imagen, con el fin de lograr el mayor parecido (ver apéndice F).

14.- Generar y guardar archivo terminado: Teniendo la imagen en 3D terminada, se crea un archivo final (con la extensión pertinente), el cual se podrá visualizar con ayuda de un software específico (*Visor 3D de Windows 10*) (ver apéndice G).

3.4. Metodología para la toma de imágenes y creación de modelos 3D

De acuerdo a las características de los objetos (estáticos) y sus dimensiones, para la captura de imágenes es necesario llevar a cabo la rotación de la cámara alrededor de los mismos (Correa Orozco, Monteverde Puig, Ormeño Bustos, & Suazo Navia, 2016). Esto, con el propósito retratar una cantidad considerable de características notables que contiene la figura.

Dado que se utiliza una cámara digital no profesional, para la creación del modelo tridimensional (de manera general) el software toma la información de las imágenes capturadas de manera simultánea; obteniendo una correlación de distintos puntos (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014).

3.4.1 Consideraciones iniciales en la toma de imágenes

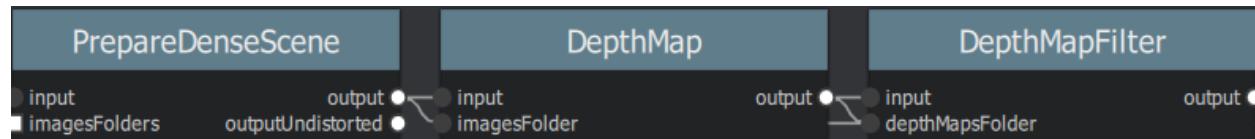
3.4.1.1- Prueba inicial. Previo al procedimiento antes redactado (punto 3.3.1), se llevó a cabo una toma de fotografías de forma convencional de las dos piezas, realizando la toma de imágenes en sus respectivas periferias; con la finalidad de obtener algunas fotografías para una prueba preliminar. Para esta actividad se utilizó una cámara comercial marca Samsung, modelo ST77, con su enfoque automático.

Posterior a la toma y selección de imágenes, se llevó a cabo su procesamiento a través del software *Meshroom*, conforme a las indicaciones del programa. Dando lugar en primera instancia, a una eliminación de nodos de trabajo, los cuales (como se explicó anteriormente en el punto 3.2.1) no se pueden llevar a cabo por falta de una tarjeta gráfica recomendada.

En la siguiente imagen (Figura 4.1), se muestran los nodos que fueron removidos para el procesamiento.

Figura 4.1

Impresión de Pantalla de los Nodos Eliminados.



3.4.1.2- Prueba preliminar de la pila bautismal. En cuanto al primer objeto de estudio, se realizó una selección de imágenes, con las cuales se logró un modelo preliminar. Cabe señalar que tanto el punto focal (f), tiempo de exposición y velocidad (ISO) fueron de ajuste automático; por lo que la mayoría de las fotografías tiene valores distintos en estos rubros. Las características generales de las mismas se plantean en la siguiente tabla (Tabla 3.1).

Tabla 3.1

Características Generales de las Fotografías Preliminares de la Pila Bautismal.

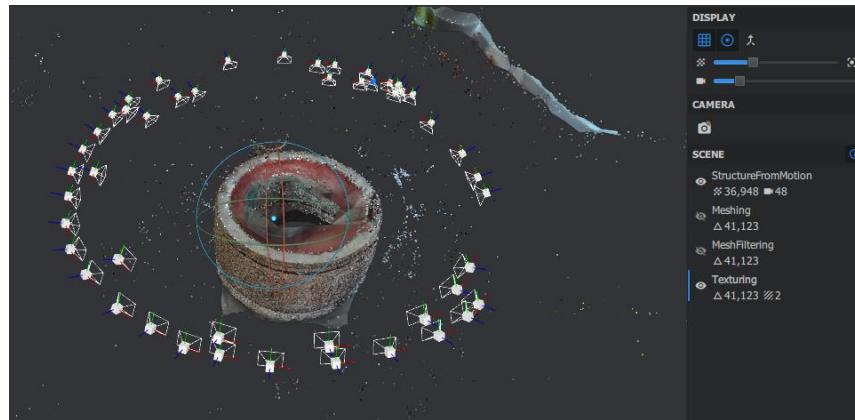
Formato	Tamaño en MB	Dimensiones en Pixeles (ancho x alto)	Resolución (puntos por pulgada)	Total, de imagenes seleccionadas
JPG	De 3.3 a 3.5 aprox.	4608 X 3456	96 ppp	48

Terminado el procesado, se obtuvo un modelo con las siguientes consideraciones:

1.- Recorrido de la cámara al finalizar la reconstrucción del modelo: En la siguiente imagen (Figura 4.2) se muestra el cálculo del posicionamiento de la cámara (aproximado), al momento de la toma de fotografías. Recalcando el recorrido de ésta, por medio del nodo *StructureFromMotion* (SFM), mismo que hace referencia a un método de la fotogrametría en el que se puede obtener una nube de puntos en 3D, ubicados por medio de coordenadas tridimensionales (Tomás, Riquelme , Cano , Abellán, & Jordá, 2016). Los recuadros blancos interpretan las diferentes tomas realizadas.

Figura 4.2

Impresión de Pantalla del Resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Pila Bautismal (Prueba Preliminar).



2.- Áreas no incluidas: Se observa además en la reconstrucción, algunas zonas en las cuales el programa no realiza una interpretación certera de la superficie, por lo que en las siguientes imágenes (Figura 4.2.1), resultado con un ovalo, se hace alusión las partes faltantes, en especial; la base y el fondo de la pila. Mismas zonas incompletas son el resultado de la falta de información visual (mayor cantidad de imágenes).

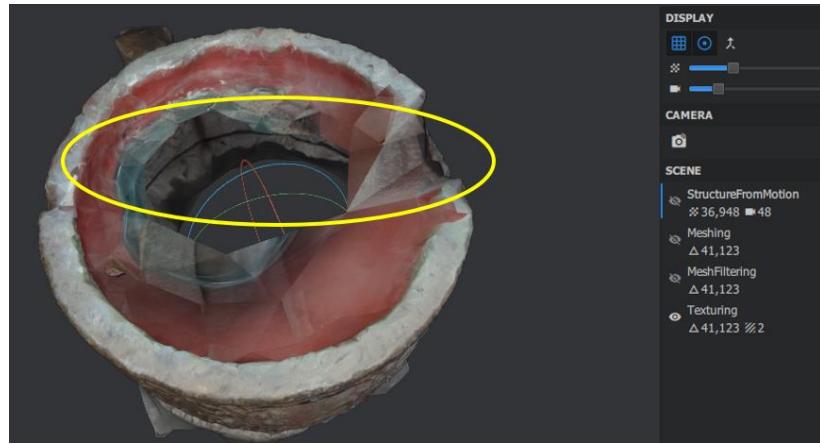
Figura 4.2.1

Impresión de Pantalla que muestra la Parte Inferior de la Pila Bautismal.



Figura 4.2.2

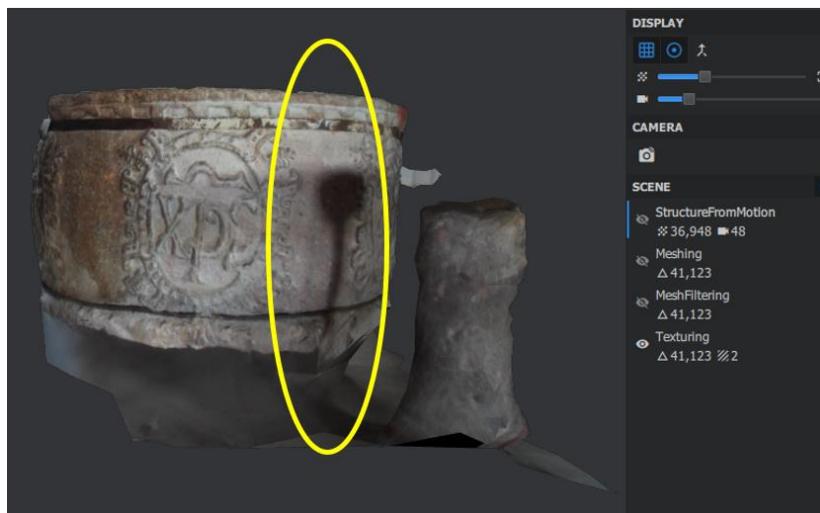
Impresión de Pantalla que muestra la Parte Superior de la Pila Bautismal.



3.- Sombras y baja iluminación: Otro factor importante observado en el modelo, fue la presencia de sombras y zonas oscuras, en las cuales, a pesar de generar una superficie definida, la presencia de estas no permite una buena apreciación de la textura final. Ilustrado a continuación (Figura 4.2.3).

Figura 4.2.3

Impresión de Pantalla que muestra una Parte Lateral de la Pila Bautismal.



3.4.1.3.- Prueba preliminar de la cruz del claustro. Para esta prueba se retoman las condiciones realizadas en el ejercicio anterior (Pila Bautismal) en cuanto a la cámara utilizada y su punto focal (f), tiempo de exposición y velocidad (ISO) automáticas. En la siguiente tabla (Tabla 3.2) se muestran además las características generales de esta prueba.

Tabla 3.2

Características Generales de las Fotografías Preliminares de la Cruz del Claustro.

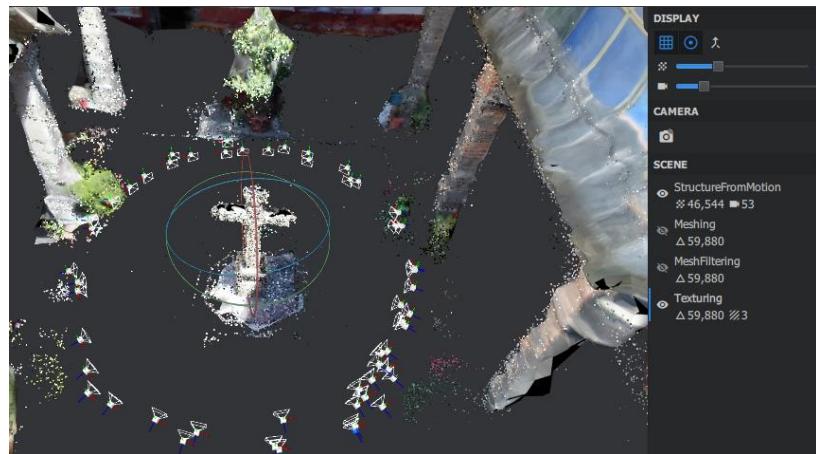
Formato	Tamaño en MB	Dimensiones en Pixeles (ancho x alto)	Resolución (puntos por pulgada)	Total, de Imágenes Seleccionadas
JPG	De 3.2 a 3.5 aprox.	4608 X 3456	96 ppp	53

En cuanto a las principales observaciones realizadas, se pueden destacar las siguientes:

1.- Recorrido de la cámara: Se llevó a cabo un trayecto alrededor de la figura, realizando tomas a una altura irregular, mismo que es ilustrado a continuación (Figura 4.3) con el resultado del nodo *StructureFromMotion*.

Figura 4.3

Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Cruz del Claustro.



2.- Altura de las tomas: Por tratarse de una actividad preliminar hasta ese momento solo fue considerada retratar la estructura principal de la cruz, excluyendo la base. Se realizaron las fotografías con una altura aproximada de entre 1.8m a 2.2m aproximadamente. El modelo mostró una deficiencia en cuanto a la cantidad de detalles totales (Figura 4.3.1), principalmente en la parte superior; donde se aprecian zonas oscuras.

Figura 4.3.1

Impresión de Pantalla de la Parte Superior de la Cruz del Claustro.



3.- Superficies incompletas y excedentes de forma: Como último punto de atención, se considera una inconsistencia de formas en los contornos laterales de la Cruz. Ilustrando en la siguiente impresión (Figura 4.3.2 y 4.3.3), faltantes de material y/o excedentes de este en algunas partes.

Figura 4.3.2

Impresión de Pantalla de la Parte Frontal de la Cruz del Claustro.

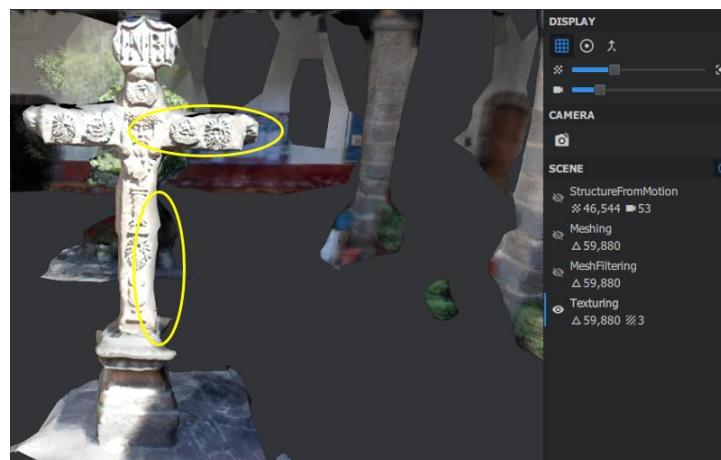
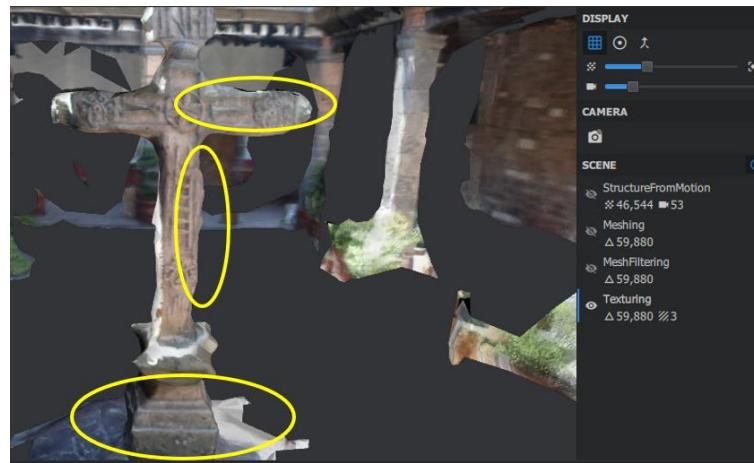


Figura 4.3.3

Impresión de Pantalla de la Parte Trasera de la Cruz del Claustro.



3.4.2 Consideraciones finales en la toma de imágenes

3.4.2.1- Prueba final. Considerando los resultados de las pruebas preliminares, surgieron varios aspectos importantes a tomar en cuenta para una prueba definitiva. Si bien, esta última se realizó ya con los materiales descritos en las tablas 2.1 y 2.1.1, respectivamente, dichos elementos fueron considerados conforme a las siguientes variables importantes (Tabla 4.1).

Tabla 4.1

Variables Significativas.

Variable	Observación	Medida tomada
Cantidad de imágenes tomadas	Es un factor importante al momento de la realización del modelo, ya que es preferible contar con un mayor número de estas, para obtener considerables datos gráficos.	Aumento en el número de tomas.
Distancia al objetivo	Si bien no se plantea una distancia mínima o máxima (en el procedimiento) al objetivo, es necesario delimitar una distancia base, para las tomas consecutivas.	Se llevaron a cabo mediciones de distancia con cinta métrica, alrededor.
Ángulos y altura	Punto significativo para captar los detalles de mejor manera en la superficie.	Se realizaron tomas desde la parte inferior, media y superior de las piezas.

Iluminación (solo para la pila bautismal)	Las sombras observadas obstaculizan la apreciación de detalles.	Iluminación de forma artificial la parte inferior de la pila bautismal.
Equipo utilizado	Se presentan algunas limitantes de recursos en la prueba preliminar.	Se opta por una cámara con mejores características técnicas. Y por materiales necesarios para la medición, altura de tomas e iluminación (entre otros).
Objetos circundantes	Algunos elementos dificultan la visibilidad total del fondo de la pila bautismal y la base de la cruz del claustro.	Retiro temporal de varios elementos circundantes.

Posterior a la definición de variables se llevó a cabo la formulación de la metodología propuesta en el punto 3.3, con la finalidad de una prueba más concreta y confiable.

Aunado a las variables ya antes descritas y al proceso en el diagrama de flujo; se hace mención de que se retoman para esta actividad, la remoción de nodos en el procesamiento de las imágenes (ver figura 4.1) y los parámetros automáticos de punto focal (f), tiempo de exposición y velocidad (ISO); pero en este caso utilizando ahora un equipo marca NIKON modelo COOLPIX P530, son mejores prestaciones.

3.4.2.2.- Prueba definitiva en pila bautismal. Para la prueba final; el uso de una cámara distinta cambia las características de las imágenes tomadas, las cuales se mencionan en la tabla siguiente (Tabla 4.2).

Tabla 4.2

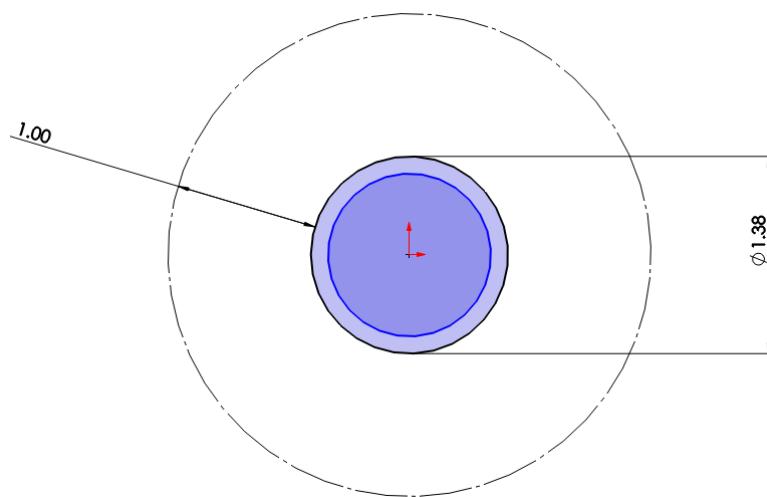
Características Generales de las Fotografías Finales de la Pila Bautismal

Formato	Tamaño en MB	Dimensiones en Pixelles (ancho x alto)	Resolución (puntos por pulgada)	Total, de imagines seleccionadas
JPG	De 3.3 a 3.5 aprox.	4608 X 3456	300 ppp	312

Conforme a las variables redactadas anteriormente, se aumentó de manera considerable el número de imágenes, mismas que para el modelo principal se llevó a cabo el recorrido, mostrado en la imagen siguiente (Figura 5.1). Donde los círculos internos representan la Pila Bautismal (en una vista superior) y el círculo externo (línea constructiva) representa el recorrido aproximado que se llevó a cabo para las tomas fotográficas (las cotas se encuentran en unidades de metros).

Figura 5.1

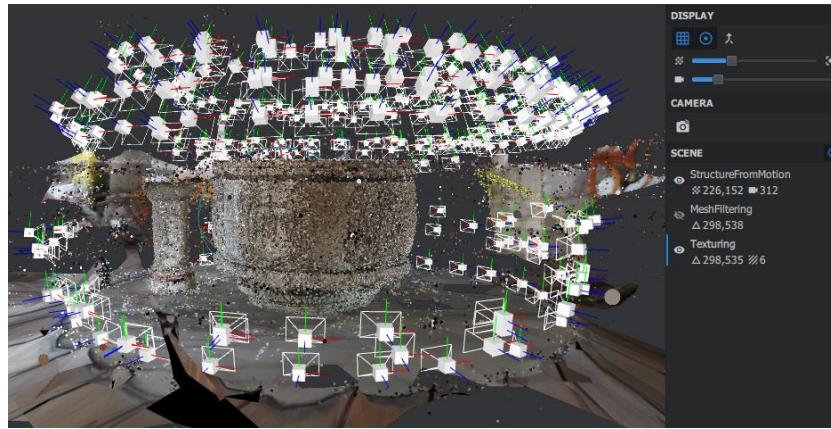
Impresión de Pantalla del Croquis que interpreta una Vista Superior de la Pila Bautismal.



A diferencia de la prueba preliminar, para esta actividad se cubrió una mayor cantidad de espacios y se obtuvieron imágenes de la parte superior, lateral e inferior. El recorrido interpretado por el software se observa en la imagen contigua (Figura 5.1.1).

Figura 5.1.1

Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Pila Bautismal (prueba final).



Además de aumentar el número de tomas fotográficas se llevó a cabo la colocación de dos lámparas led recargables con una luminosidad aproximada de 500 lumen (según el fabricante). Esto con la finalidad de poder proporcionar de luz a las zonas de la pila donde se presentaban sombras y/o oscuridad parcial. En imágenes presentadas a continuación (Figura 5.1.2, a y b) se muestra una comparación del modelo previamente visto en la figura 4.2.3 y el modelo de la prueba final, en la cual la mitigación de la sombra proyectada por el pilar aledaño se redujo de manera significativa.

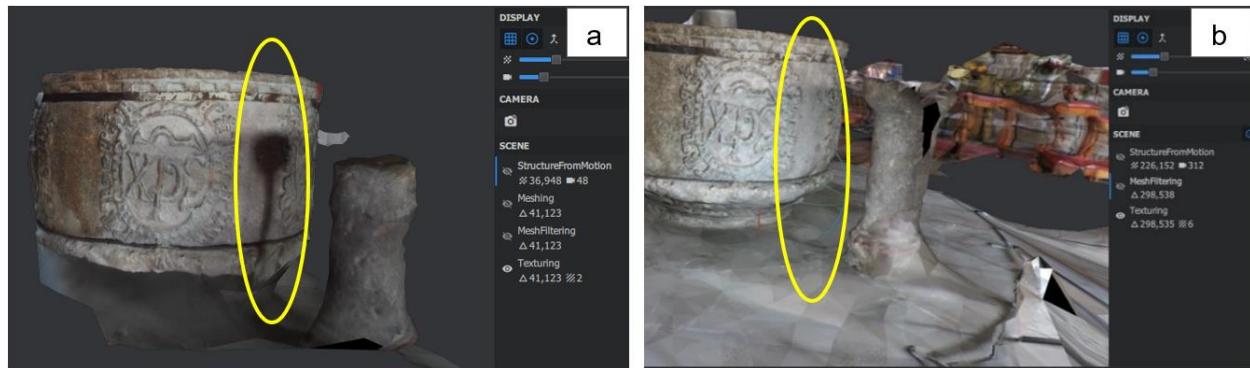
Figura 5.1.2

Imágenes que muestran las Lámparas de Apoyo utilizadas para una mejor Iluminación en la Parte Lateral (a) e Inferior (b) de la Pila Bautismal.



Figura 5.1.3

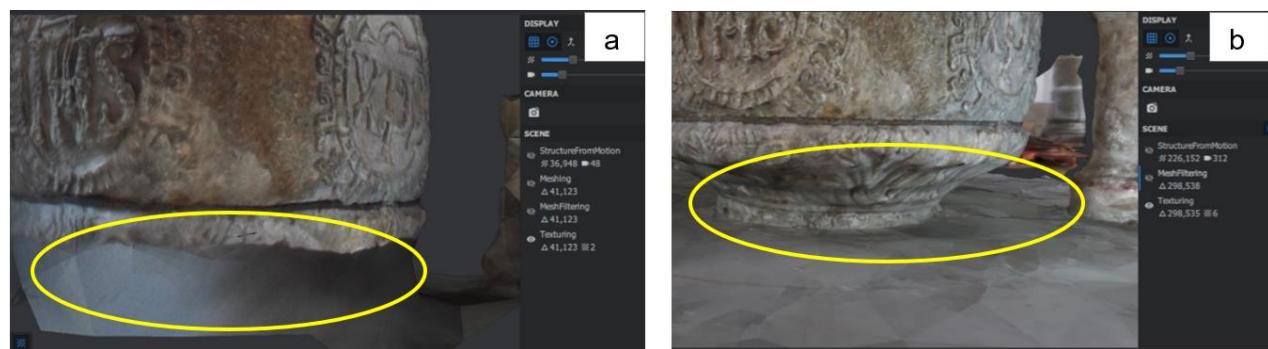
Reconstrucción Digital Antes (a) y Después (b) de la colocación de Luces de Iluminación.



Se observa además en la siguiente comparación, como la iluminación ayudó a la captura de los detalles que se encuentran en la parte inferior de la pila bautismal. Destacando mejor los relieves. Cabe mencionar que la superficie de la piedra muestra un desgaste significativo en la mayor parte de esa zona inferior (figura 5.1.4), por lo que la interpretación final de la reconstrucción muestra algunas deficiencias.

Figura 5.1.4

Vista inferior de la Reconstrucción Digital Antes (a) y Después (b) de la colocación de Luces de Iluminación.

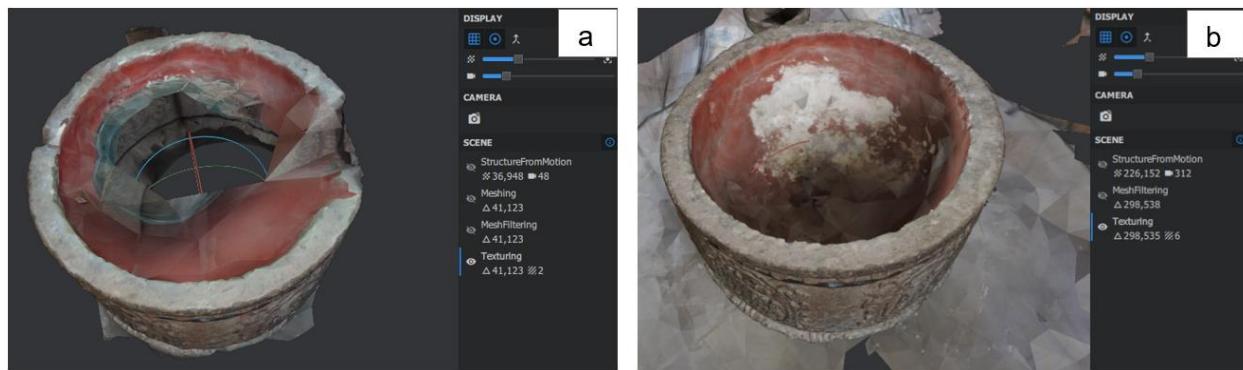


De igual forma se obtuvo una mejora altamente representativa en las partes reconstruidas en cuanto a las partes reconstruidas, principalmente en los bordes superiores y el fondo; en donde la digitalización preliminar mostraba una falta de material y una estructura con "huecos" claramente visibles. En la Figura presentada a continuación (Figura 5.1.5), puede apreciarse una

mejora sustancial en la reconstrucción final de la pila bautismal, después de la iluminación. Nota: la mancha blanca observada en la figura (b), es rastro del desgaste del recubrimiento en el interior de la Pila Bautismal (probablemente de un material sellador y/o impermeabilizante).

Figura 5.1.5

a) *Digitalización Preliminar con falta de Material Estructural*, b) *Reconstrucción Final que muestra una Estructura más Definida*.



Una observación importante derivada de la comparación llevada a cabo hasta este punto es la referente al color real del objeto, ya que se puede observar una menor intensidad del mismo, al momento de existir una mayor iluminación.

3.4.2.3.- Prueba definitiva en la cruz del claustro. Para esta prueba, se consideraron las medidas descritas en la tabla 4.1. con la finalidad de mejorar la calidad en el modelo procesado. En la siguiente tabla (Tabla 4.3) se mencionan los datos generales de las imágenes.

Tabla 4.3

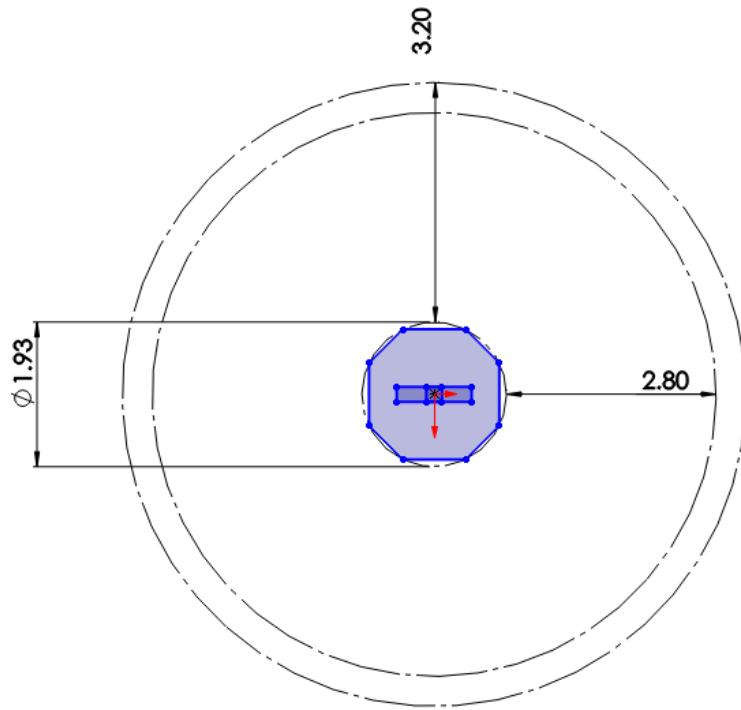
Consideraciones Generales de las Fotografías Finales de la Cruz del Claustro.

Formato	Tamaño en MB	Dimensiones en Pixeles (ancho x alto)	Resolución (puntos por pulgada)	Total, de imágenes seleccionadas
JPG	De 3.3 a 3.46 aprox.	4608 X 3456	300 ppp	196

En cuanto al recorrido realizado, las fotografías tomadas se llevaron a cabo alrededor de la cruz, con una distancia aproximada de 2.8-3.2 metros. En la siguiente figura (Figura 5.2) se representa una vista superior, donde su base es ilustrada por un octágono y la estructura principal de la Cruz se observa en el rectángulo central.

Figura 5.2

Impresión de Pantalla del Croquis que interpreta una Vista Superior de la Cruz del Claustro.



De acuerdo con su altura, fue necesario considerar el uso de una escalera para realizar las tomas altas; con la finalidad de obtener mayores detalles de la parte superior. En la siguiente imagen (Figura 5.2.1), se ilustra el recorrido realizado, recalculando que a diferencia de la pila bautismal para este modelo se omiten las tomas inferiores, ya que no cuenta con detalles relevantes en su base.

Figura 5.2.1

Impresión de Pantalla del resultado del Nodo “StructureFromMotion” y “Texturing” aplicados en la Cruz del Claustro (prueba final).



Para realizar los trabajos de la prueba final, fue necesario retirar las plantas de ornato pegadas en la base, con la finalidad de fotografiar la pieza completa. Además de permitir llevar a cabo una serie de mediciones (por medio de la cinta flexible) que permitieron el marcado (con cinta adhesiva) y un posicionamiento de referencia para las tomas consiguientes. Se incluyó además el uso de un trípode, para colocar la cámara de forma fija y ajustar la distancia de manera idónea para las tomas fotográficas (Figura 5.2.2); procurando ocupar el mayor espacio de la fotografía con el objeto principal.

Figura 5.2.2

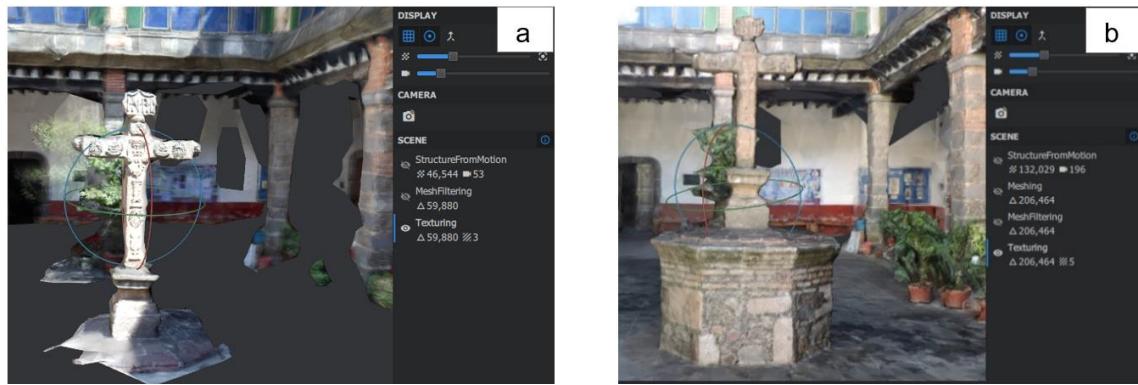
a) y b) *Medición y Marcado de las Distancias para la Toma de Fotografías.*



En cuanto a las principales diferencias obtenidas con respecto a la primera reconstrucción, se observa la inclusión de la base de piedra, que en un principio no fue considerada para el estudio; sin embargo, al ser una parte estructural importante que le da mayor relevancia a la Cruz, decidiendo incluirla en las tomas fotográficas (Figura 5.2.3).

Figura 5.2.3

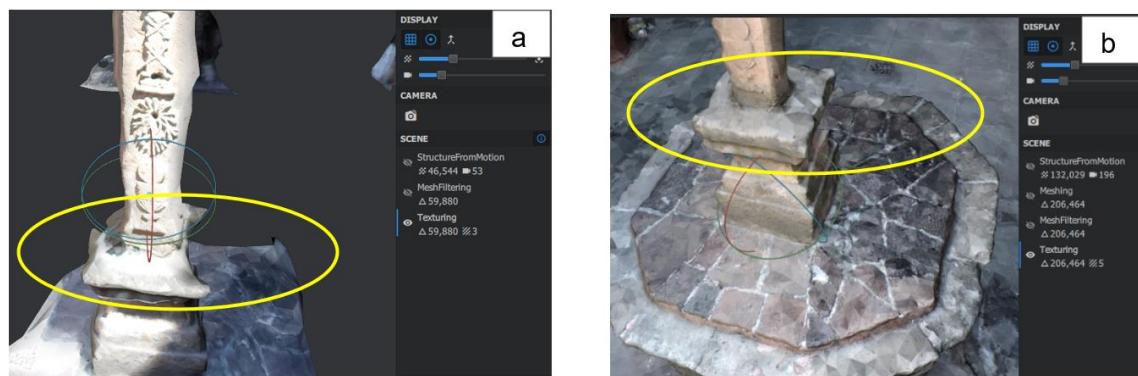
a) Digitalización de la Prueba Preliminar sin Base de Piedra b) Digitalización de la Prueba Final con Base de Piedra.



Así también, se observaron mejoras en la apariencia estructural en la parte inferior de la Cruz. Detallándose aún mejor las formas geométricas de los peldaños, provistas de mayor material. Sin embargo, son notables las zonas difuminadas en la superficie del peldaño superior (Figura 5.2.4).

Figura 5.2.4

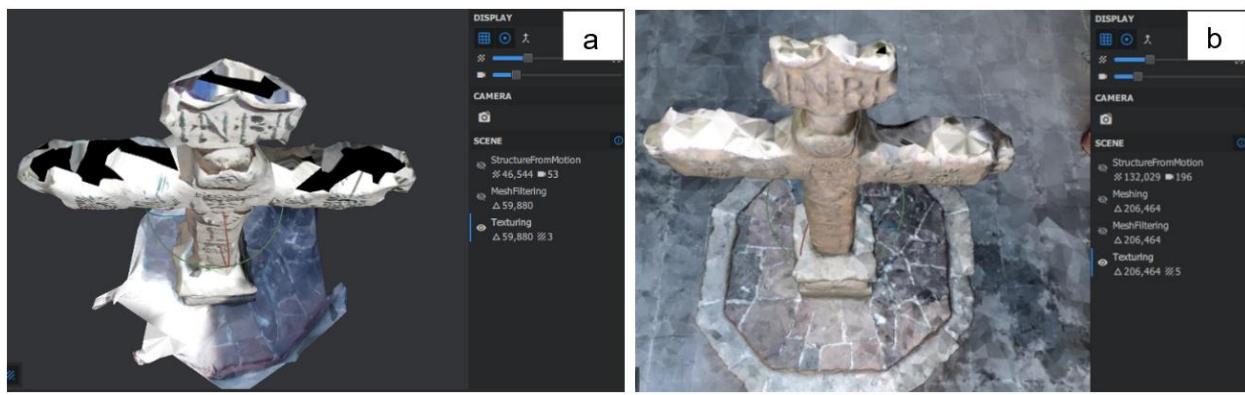
a) Reconstrucción Preliminar que muestra una falta importante de Material Superficial, b) Reconstrucción Final con mejora en la Forma Estructural.



En las siguientes imágenes (Figura 5.2.5), se puede apreciar una mejora considerable en la textura de los extremos y en la parte superior de la Cruz, sin embargo, con la finalidad de obtener una reconstrucción con superficies mejor definidas, es necesario llevar a cabo la corrección por medio de la edición de un modelo digital.

Figura 5.2.5

Comparativa entre las Reconstrucción Preliminar (a) y Final (b), mostrando el cambio de aspecto en las Extremidades de la Cruz.



3.4.4.- Procedimiento para la obtención del modelo tridimensional

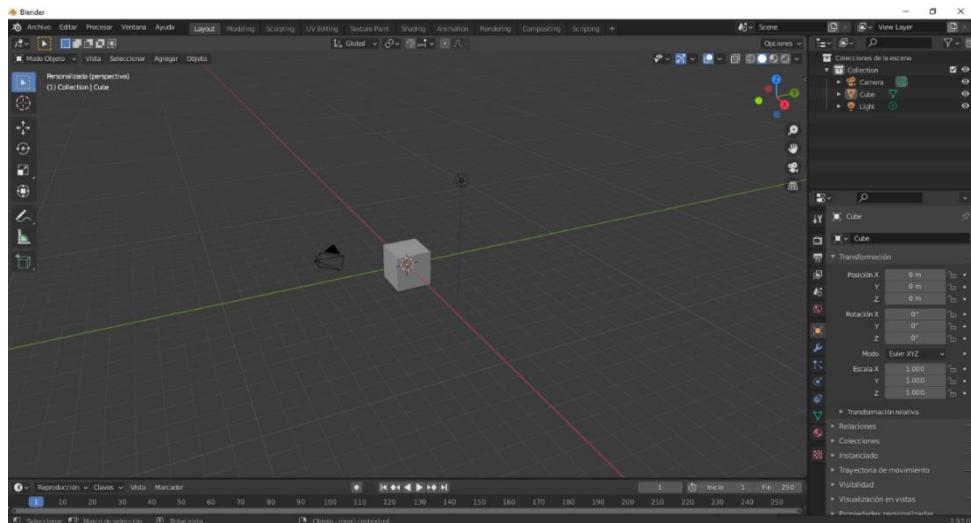
Posterior a la realización de la prueba final, se llevó a cabo el recorte y edición de los modelos generados a través de *Meshroom*. Para poder aislar el objeto principal, y separar en un archivo distinto cada figura; fue necesario utilizar un segundo programa llamado *Blender*, este, al igual que *Meshroom*, es un software de acceso libre, con el cual se pudo trabajar a partir de modelos ya existentes. Cabe señalar que para el inicio del proyecto fue considerado otro software llamado *Meshlab*, en el cual se pueden realizar ediciones y mejoras de modelos tridimensionales (P. Cignoni, y otros, 2008) acompañado de múltiples herramientas con las cuales se pudo manipular el mayado 3D (G. Ranzuglia, M. Callieri, M. Dellepiane, P. Cignoni, & R. Scopigno, 2013) los resultados obtenidos, posteriores al recorte de los elementos principales, se muestran en el apartado de anexos (ver apéndice F). No obstante, para la corrección puntual de la

superficie (en cuanto a la deformación), las herramientas de *Blender* se presentan de manera intuitiva y con las que se puede trabajar de forma fluida; por lo que se optó utilizar este último.

3.4.4.1.- Edición de la Pila bautismal y Cruz del claustro. Con la ubicación del material necesario para llevar a cabo la edición, se procedió a la descarga y apertura el programa *Blender*, el cual cuenta con una interfaz completa (Figura 6.1), con un espacio amplio para trabajar con el modelo a editar.

Figura 6.1

Impresión de Pantalla de la Ventana principal de Blender.



3.4.4.2.- Recorte de imágenes

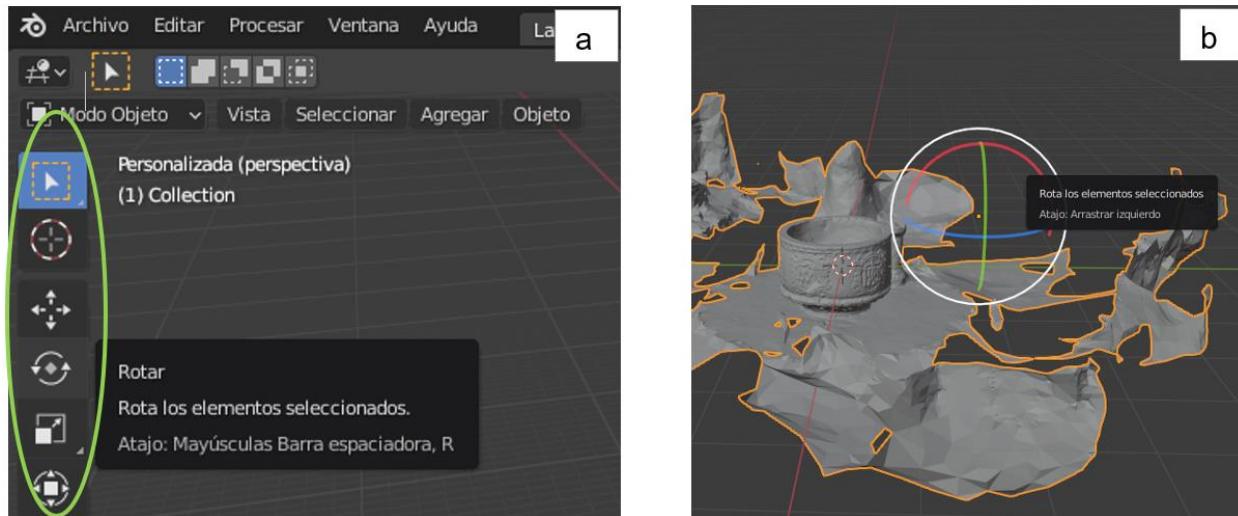
Nota: Antes de comenzar a trabajar con los archivos contenidos en la carpeta “*Texturing*”, se creó una copia de la misma; para poder trabajar en su edición, ya que de esta manera no se intervienen de forma directa los documentos del archivo original.

Comenzando con la apertura del archivo “*Texturing*” (aplica en los dos modelos), a través del botón “*Archivo*”, “*importar*” y por último “*Wabefront (.obj)*” se busca la carpeta contenedora del documento “*TexturedMesh*”. Dando doble clic izquierdo sobre el mismo; se abre el modelo ya terminado generado en *Meshroom*, el cual incluye la reconstrucción de la figura principal y todo el espacio circundante que se alcanzó a crear (ver apéndice G).

Para llevar a cabo el recorte de los segmentos exteriores y dejar únicamente el objeto principal, es necesario colocar el modelo importado en la parte central del área de trabajo del programa *Blender*; el cual está señalado con el cruce de dos líneas (una verde y otra roja), que indican una base de trabajo horizontal. Esto se realiza por medio de la tira de opciones colocada en la parte izquierda de la pantalla; mediante la opción de “Mover” y “Rotar” (Figura 6.1.2). Con ayuda del mouse y presionando el botón izquierdo se posiciona la figura conforme sea necesario.

Figura 6.1.2

a) y b), *Tira de Herramientas de Posición en Blender y, detalle de los Círculos de Apoyo para la Rotación de la Figura, respectivamente.*

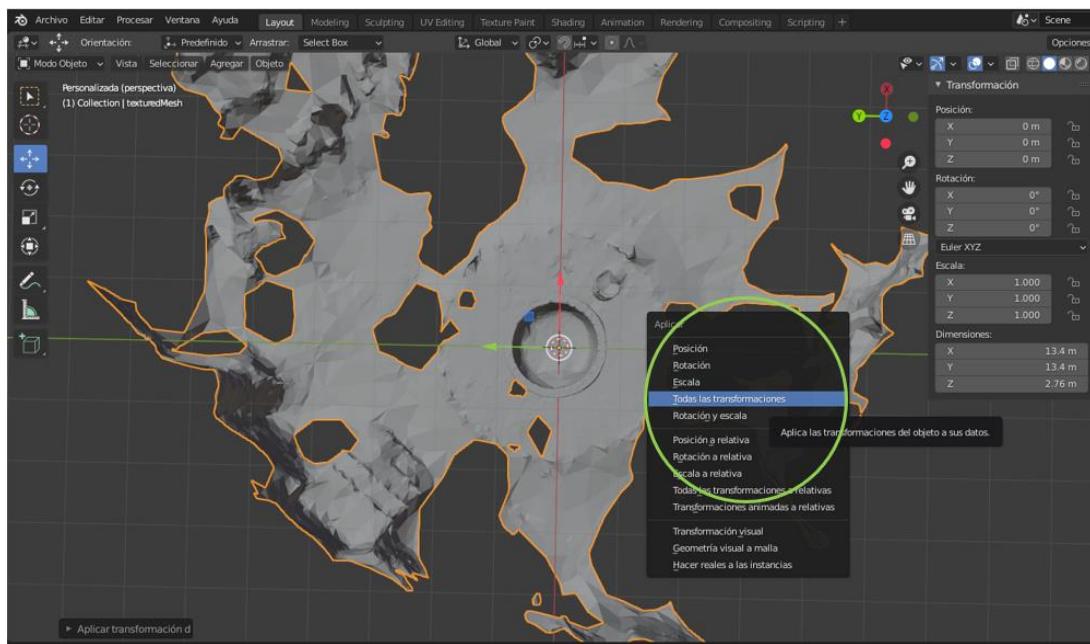


Para terminar la colocación en la parte central, se apertura la ventana de “Trasformación” (ubicada en la pestaña “Elementos”, de la parte derecha de la ventana de trabajo) y presionando las teclas “Ctrl + a”, se da clic en aplicar “Todas las transformaciones” y de esta manera se reasigna la posición central al objeto.

Nota: Se pude observar como después de aplicar el cambio, los valores de Posición y Rotación vuelven a 0°, indicando el centro del objeto como nuevo punto de origen (Figura 6.1.3).

Figura 6.1.3

Posicionamiento del Objeto en la Parte Central por medio del Menú “Aplicar”.

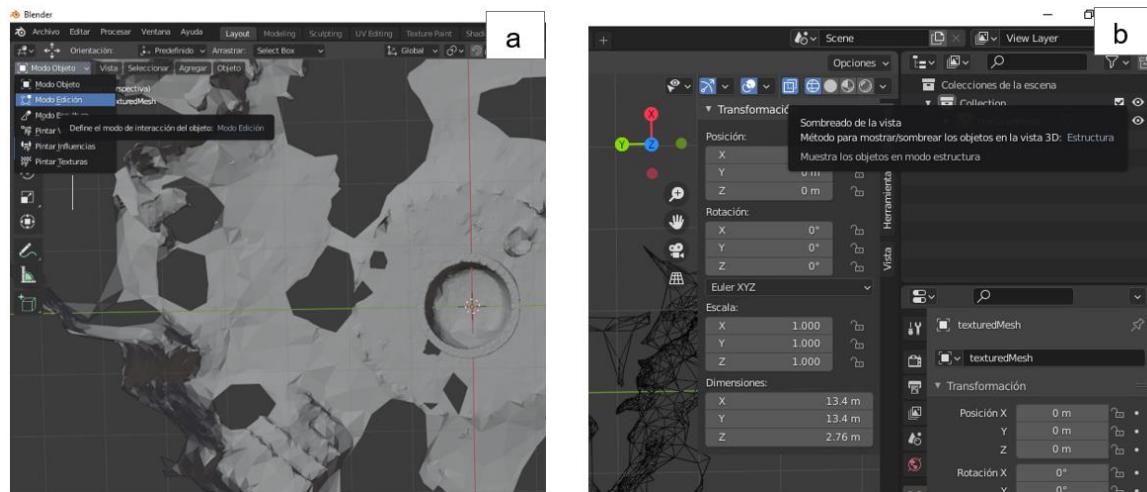


Posterior a la ubicación centrada de los objetos principales, se procede a recortar las partes del modelo que representan el ambiente circundante con la finalidad de solo tener el modelo de la pieza de interés. Para proceder en el recorte, se posiciona el objeto en vista superior, presionando el botón mover y arrastrando la flecha del mouse presionado el botón izquierdo.

Al tener una vista superior completa, en la parte superior izquierda se despliega la pestaña “*Modo*” y se presiona la opción “*Modo edición*”. A continuación, se traslada el cursor a la parte superior derecha en la ventana de trabajo y en la tira “sombreado de vista”, se selecciona la opción estructura; ya que de esta manera se podrá apreciar la red de puntos original del modelo y haciendo más intuitivo el recorte (Figura 6.1.4).

Figura 6.1.4

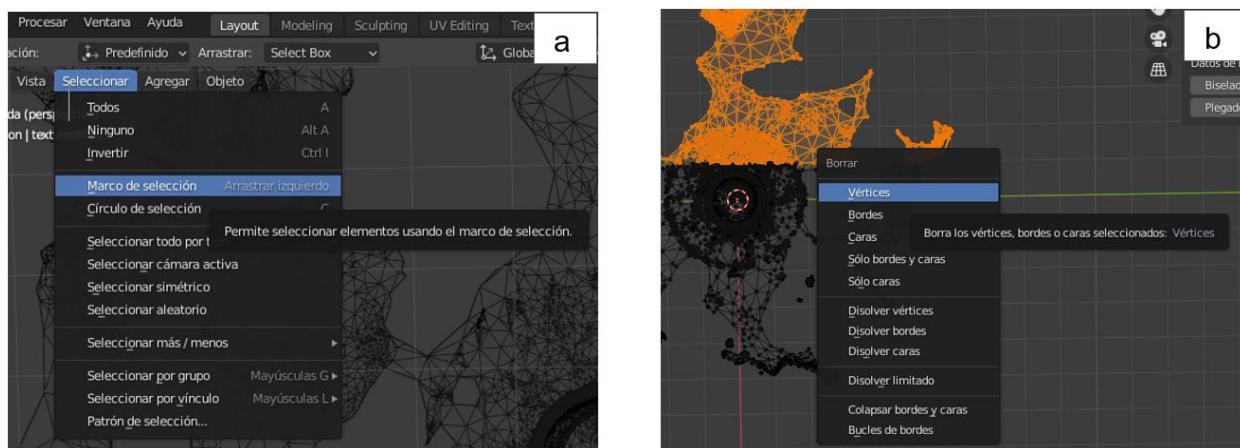
a) y b), Pestañas para definir el “Modo” de trabajo en el Objeto y, Tira de Botones de Sombreado, respectivamente.



Para definir las áreas a recortar, se da clic en el botón “Seleccionar” y se elige la opción “*Marco de selección*”, el cual permite, por medio del cursor, marcar toda el área de la figura que se desea eliminar; resaltándola con un color naranja. Para culminar, se presiona la tecla “X” y se oprime en la opción borrar “vértices”, repitiendo el procedimiento hasta eliminar todas las áreas innecesarias (Figura 6.1.5).

Figura 6.1.5

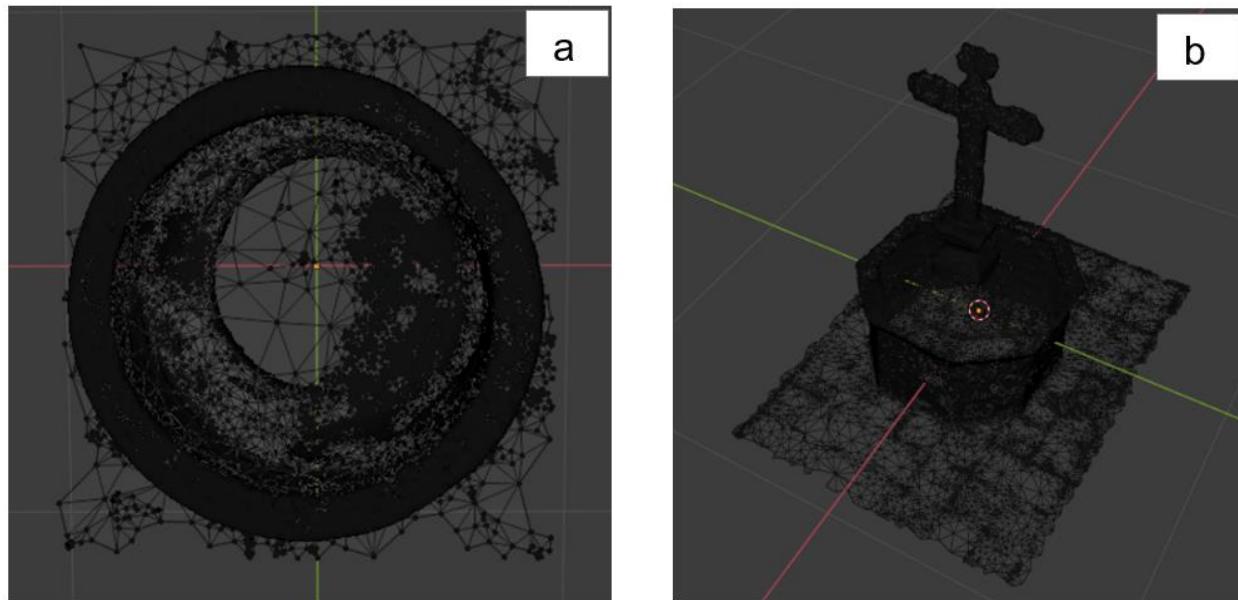
a) y b), Tira de Herramientas de Posición en Blender y, detalle de los Círculos de Apoyo para la Rotación de la Figura, respectivamente.



A continuación, se muestran los modelos de la Pila Bautismal y la Cruz del Claustro, recortados, en los cuales se aplicó una posterior edición (Figura 6.1.6).

Figura 6.1.6

a) y b), Recorte de la Pila Bautismal y Cruz del claustro, respectivamente.

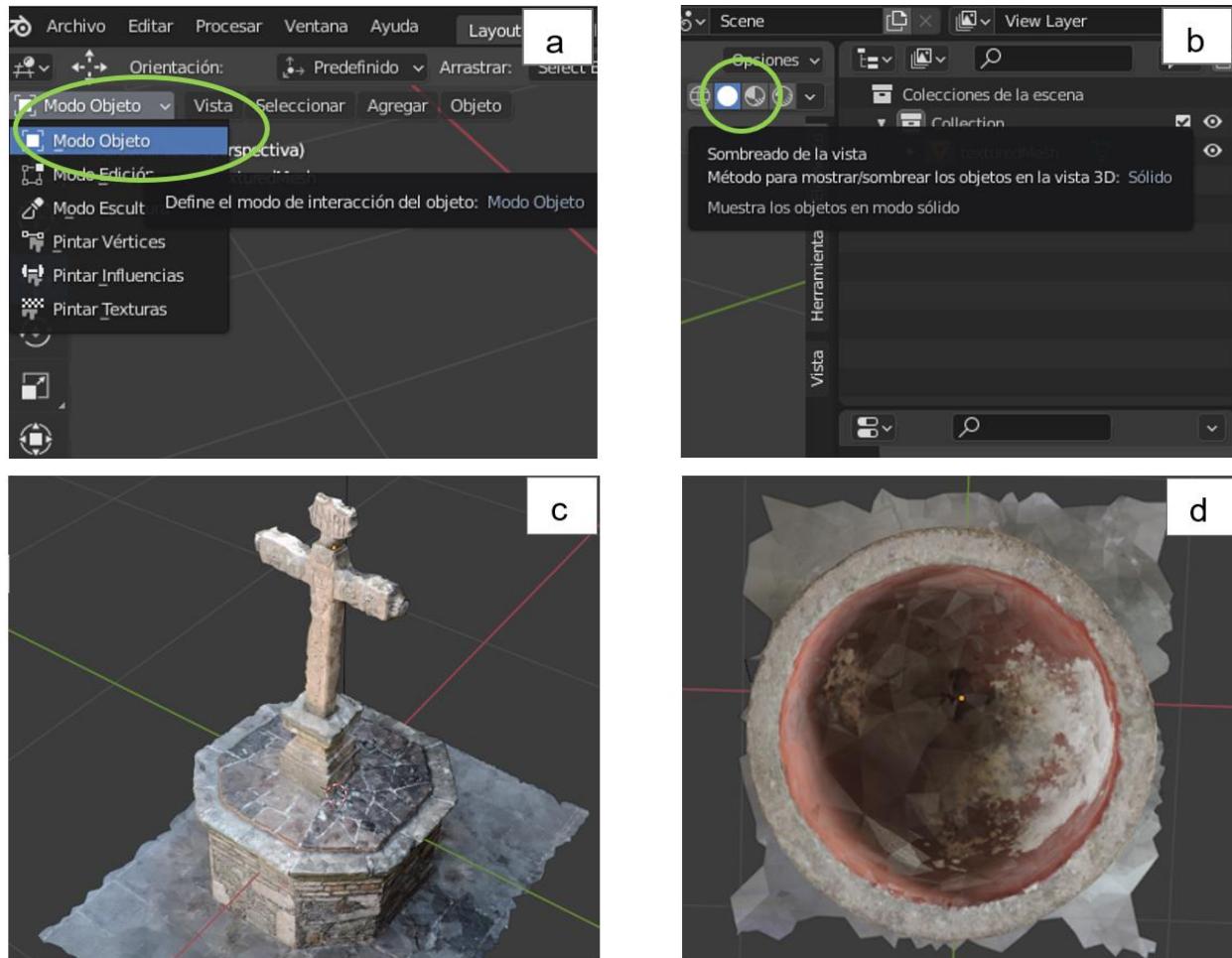


Nota. Se puede observar algunas vértices y aristas sobresaliendo de forma irregular, mismas que son “suavizadas” posteriormente.

3.4.4.3.- Edición y mejoramiento de los modelos. Al tener los objetos definidos, se procede a su edición y mejora por medio de las herramientas en “Blender”. Seleccionando nuevamente las opciones del principio (Figura 6.2), para visibilizar el modelo (ya recortado) de forma original.

Figura 6.2

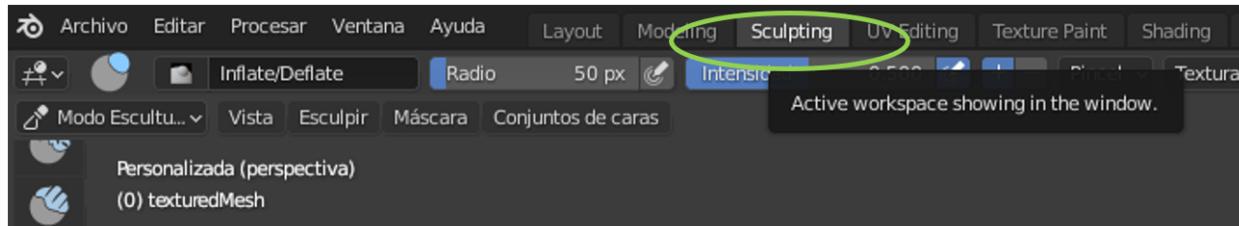
a) y b), Herramientas de “Modo” y “Sombreado”. c) y d), Vistas de la Pila Bautismal y Cruz del Claustro; recortadas.



Entre los pasos finales, se lleva a cabo la trasformación de la estructura básica del modelo, por medio de la opción “sculpting” (Figura 6.2.1), ubicada en la tira de herramientas principal de la parte superior de la ventana, misma que ofrece un cambio de visualización en el modelo, mostrando la estructura principal del mismo sin ningún tipo de textura y nos permite ingresar a las herramientas en “Modo Escultura”.

Figura 6.2.1

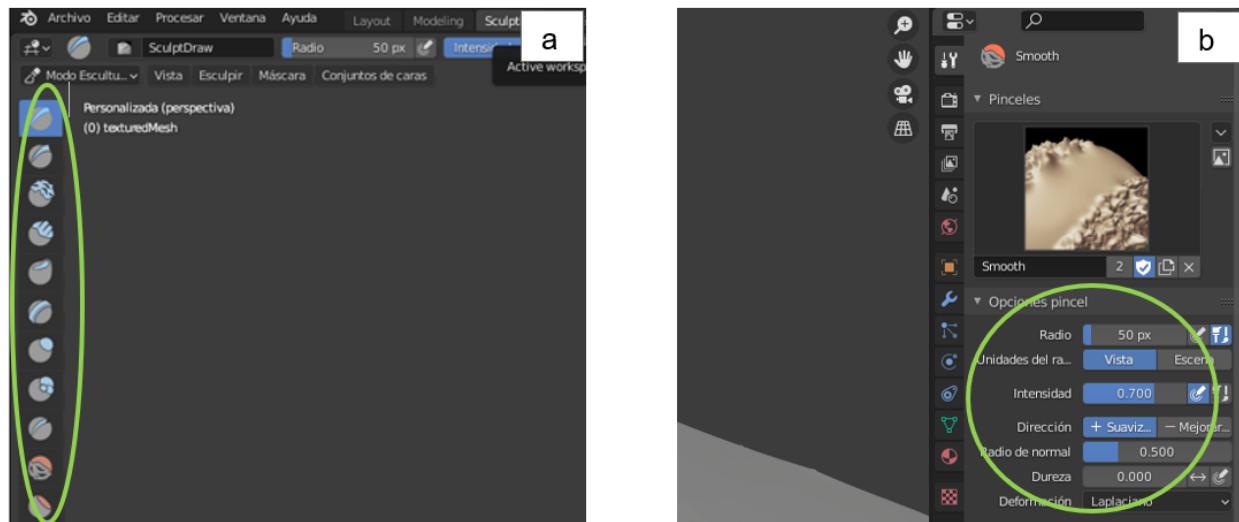
Barra Superior de Herramientas en Blender, señalando la Opción “Sculpting”.



En la barra lateral se aprecian las herramientas de “Pincel” cada uno de ellos con una función distinta (Blender, 2021), con las cuales se pueden llevar cabo el dibujo, suavizado, aplanado, raspado, etc., del modelo base, pudiendo modificar la estructura. Principalmente quitando y/o agregando “material” al modelo. Al seleccionar un pincel en particular, aparece una pestaña complementaria del lado derecho donde se pueden apreciar las “Opciones de pincel” (Figura 6.6.2), en el cual se puede modificar el pincel en su radio, intensidad, dirección, entre otras opciones.

Figura 6.2.2

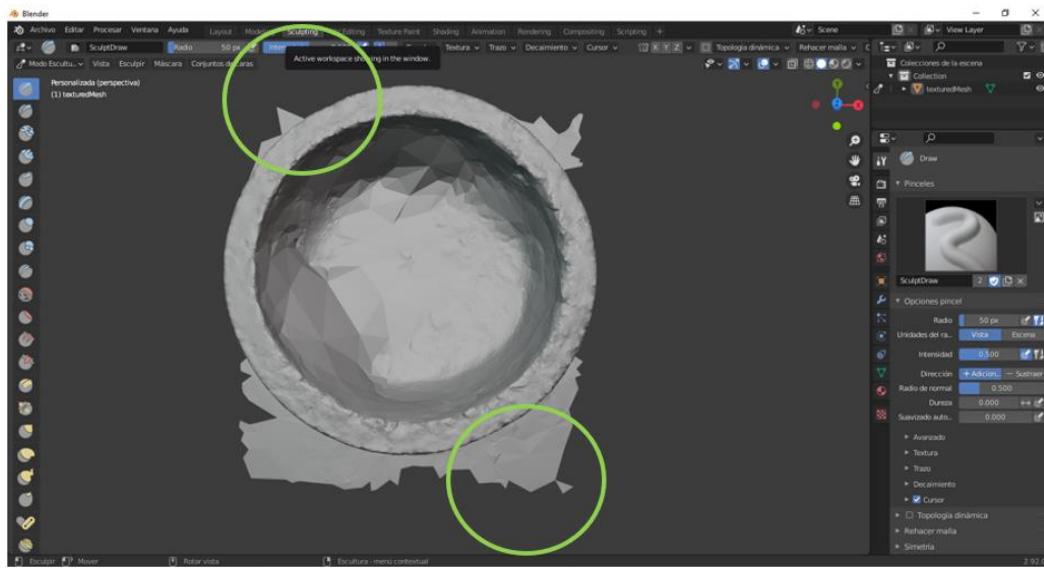
a) Herramientas de “Pincel” y, b) Pestaña “Opciones de Pincel”.



Para los cambios considerados para la pila bautismal (en cuanto a su estructura), se pueden apreciar algunas deficiencias particulares en la zona del fondo y las partes aledañas inferiores, presentando deformidades considerables (Figura 6.2.3). Por medio de varios pinceles, se lleva a cabo la corrección de las zonas mencionadas.

Figura 6.2.3

Algunas Zonas con Deformidad en la en la Estructura Principal.

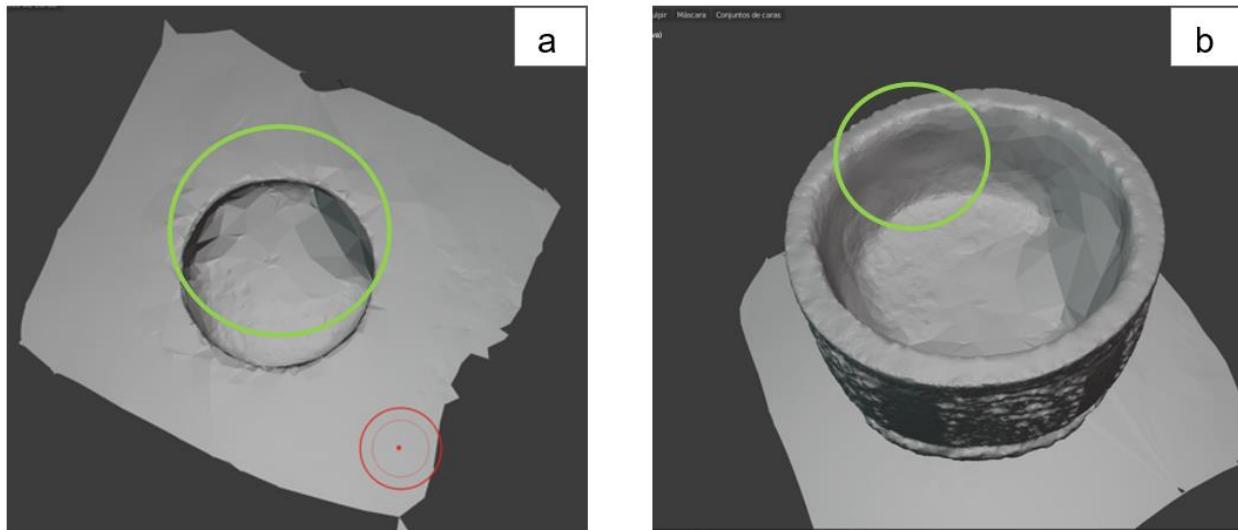


Ajustando las opciones de pincel, se corrigen las áreas con material insuficiente y se suavizan las superficies con excedente de material en las formas; como es el caso de la parte inferior de la pila (piso), se “extendió” la maya tridimensional para cubrir las partes faltantes. Y por medio del pincel de suavizado se “aplanaron” las superficies irregulares (Figura 6.2.4).

Nota: Fue complicada la corrección de un aparte del fondo de la pila, ya que la reconstrucción de *Meshroom* no definió de forma completa la forma de las paredes internas, resaltando una elevación lateral.

Figura 6.2.4

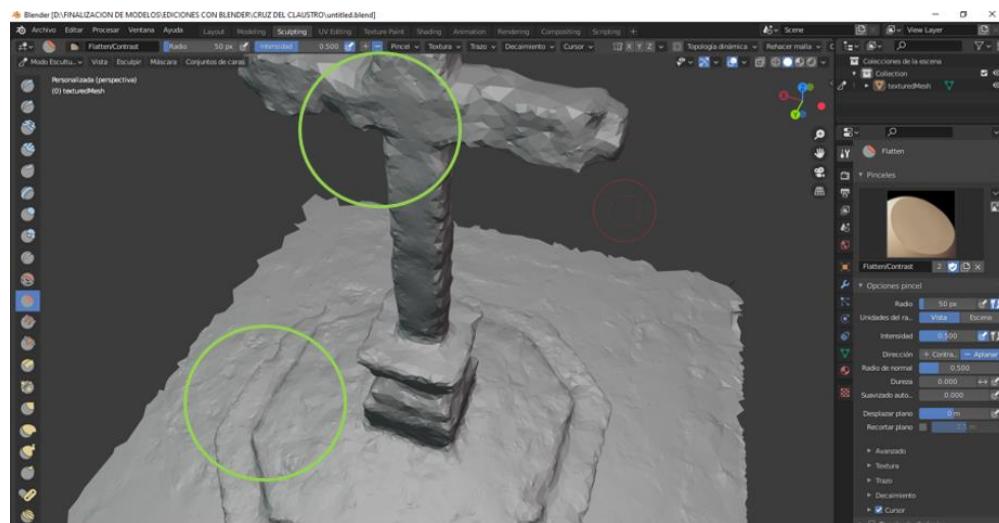
a) Recubrimiento de la Parte Inferior, b) Suavizado de los Bordes Superiores y Fondo de la Pila Bautismal.



6.2.5). En el área recortada del piso (al igual que con la pila), se muestran irregularidades en los vértices.

Figura 6.2.5

Zonas con Irregularidades de Forma.



Para llevar a cabo la corrección en estas zonas, se optó por realizar el suavizado de las partes irregulares y el “relleno” de las superficies que presentaban hundimientos en la superficie (Figura 6.2.6 y 6.2.7). Para los bordes laterales y superior; se dio una mejor forma a los acabos, para poder definirlos.

Figura 6.2.6

a) *Añadido de Material en la Parte Frontal de la Cruz, b) Aplanado de Caras Frontales de la Cruz.*

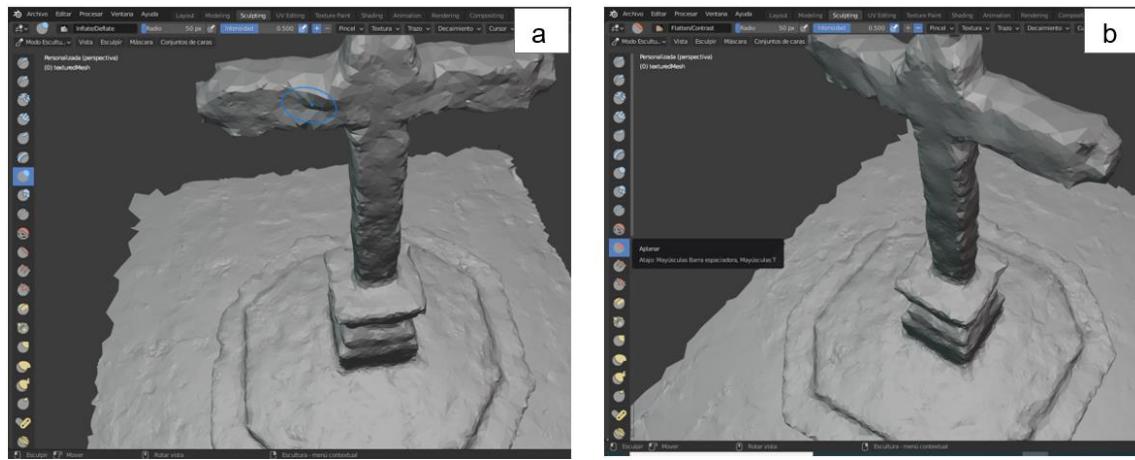
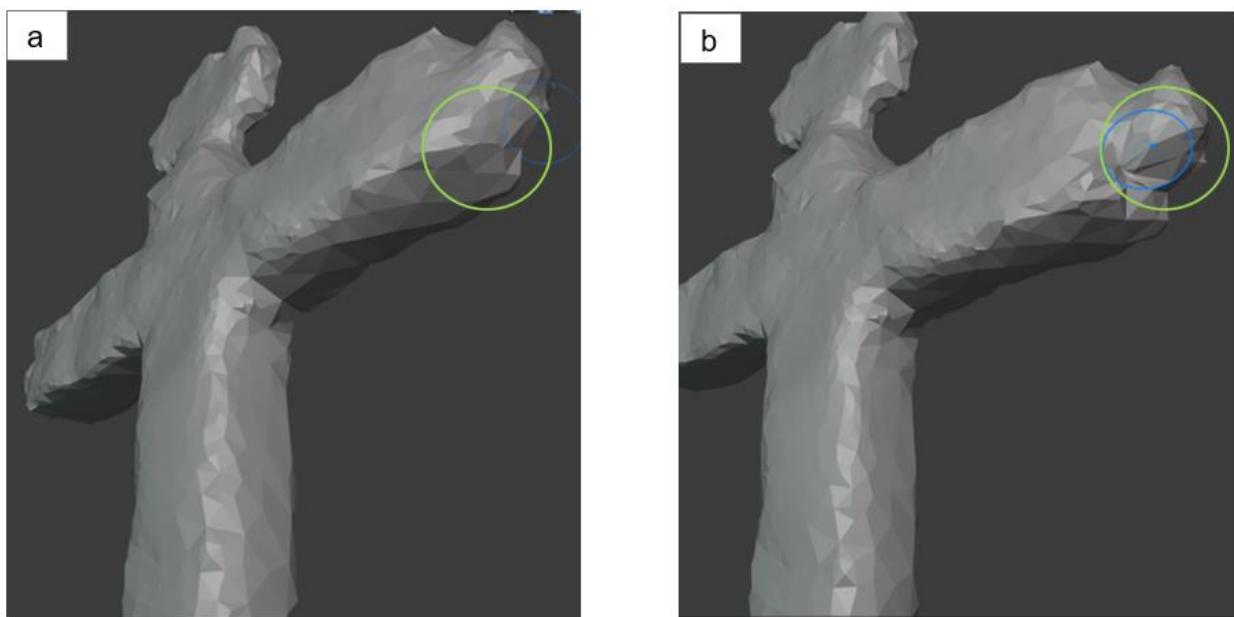
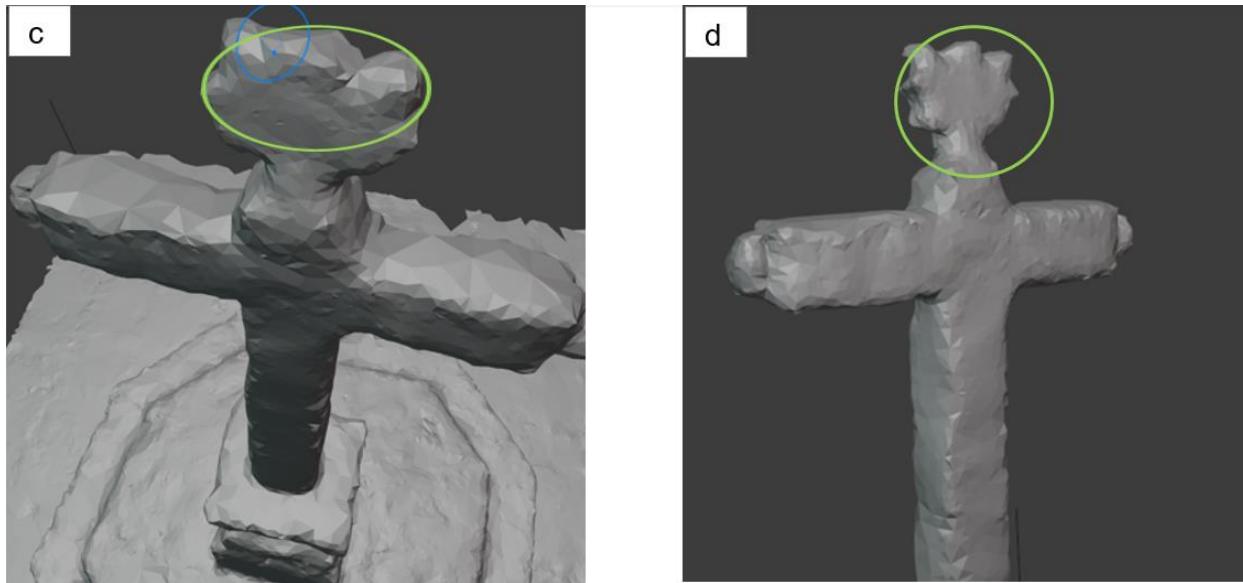


Figura 6.2.7

a) y b), *Detalle de la Parte Lateral Derecha y su Posterior Edición, respectivamente. c) y d), Detalle de la Parte Superior y su Posterior Edición, respectivamente.*





Conforme a las correcciones hechas en las superficies, los modelos adquirieron una forma mejor definida, en la cual la textura que recubre dicha superficie; y aporta una mejor apariencia en los objetos.

3.4.4.4.- Generación de archivo final. *Blender* ofrece una gama distinta de formatos para poder abrir, importar, exportar y guardar archivos. Para este ejercicio en concreto, se seleccionó la extensión “.GLB” (ver apéndice H), el cual debido a su compatibilidad con el sistema operativo Windows 10, y sus características de poder integrar no solo la maya de la estructura tridimensional, sino también otros elementos, como la textura, citando una fragmento de la página web filext.com “...los archivos GLB están optimizados para compartir activos entre varios programas de modelado 3D” (Filext, 2021).

Capítulo 4.- Resultados

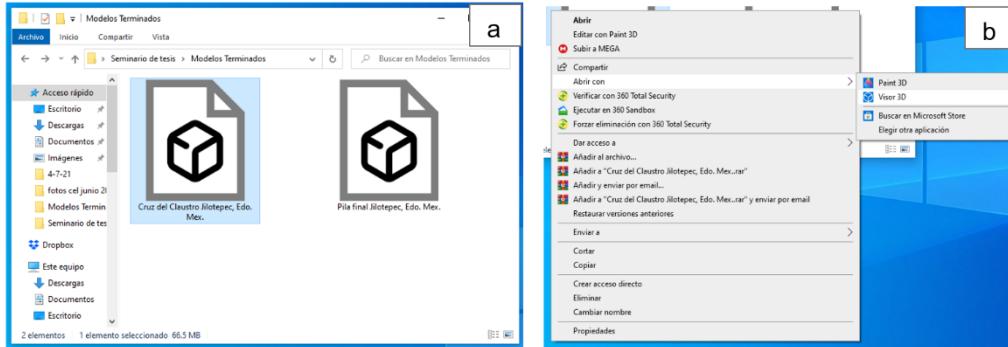
Para abrir los archivos resultantes en otro equipo de cómputo, es necesario contar con el sistema operativo *Windows 10* y la utilidad “*Visor 3D*”. Este último, es un administrador de archivos en el cual se pueden visualizar modelos en 3D (Microsoft Corporation, 2021), y se encuentra incluido en las versiones más recientes del sistema operativo o puede ser descargado de forma gratuita desde el portal web oficial de *Microsoft*.

Nota: Conforme a las especificaciones de la página web (antes citada), es necesario contar con los requisitos técnicos mínimos mencionados en su apartado (requisitos de sistema), destacando la versión de *Windows 10* (16299.0 o posterior).

Como punto final, simplemente hay que dirigirse a la ubicación donde se encuentre guardado el archivo (Figura 6.3), y seleccionarlo; dando un clic derecho y eligiendo “Abrir con” - “Visor 3D”.

Figura 6.3

a) Selección de Modelo para Apertura, b) Submenús de Selección para abrir el Archivo Final.



Por último, a continuación, se muestran imágenes de los modelos resultantes (Figura 6.3.1, 6.3.2 y 6.3.3) y en los cuales se puede apreciar la clara similitud con las formas originales, dando pauta al observador a que reconozca de forma simple las estructuras y aprecie (por medio del texturizado) los detalles estéticos más sobresalientes. Haciendo énfasis a las vistas laterales, se observan los relieves (principalmente en la Pila Bautismal) y los acabados trallados en piedra de las dos figuras.

Figura 6.3.1

Comparación de la Parte Frontal de la Cruz del Claustro siendo a) Fotografía Real y b) Modelo 3D; respectivamente.

**Figura 6.3.2**

Comparación de la Parte Posterior de la Cruz del Claustro siendo a) Fotografía Real y b) Modelo 3D; respectivamente.



Figura 6.3.3

Comparación entre de la Parte Lateral de la Pila Bautismal siendo a) y c) Fotografía Real, b) y Modelo 3D; respectivamente.



a



b



c



d

4.1.- Observaciones finales

Como se mencionó anteriormente; los archivos finales generados, muestran modelos estéticamente factibles para su difusión, resaltando características visibles acercadas a los objetos reales. Sin embargo, es importante mencionar que las estructuras y texturas generadas en *Meshroom* son la principal base para llevar a cabo la edición del modelo final, mismo que es dependiente de la cantidad y calidad de las fotografías e iluminación presente al momento de la captura de imágenes. Siendo este último, el momento crucial en el ejercicio fotogramétrico.

En cuanto el resultado obtenido, en los detalles de la texturización de algunas partes; se aprecia una falta de definición y claridad en la imagen superficial, tal es el caso de las partes superiores de la Cruz (en sus dos extremos) y la base menor de la pila bautismal. Siendo que, en el primer caso, la cámara fotográfica no alcanzo a captar de forma completa las partes superiores de misma, y, por ende, aporto poca información en el procesamiento de imágenes en la creación del modelo. Para el segundo caso (la Pila), el desgaste de la piedra aunado a una iluminación, probablemente excesiva, difumino de mayor manera la textura superficial en algunas partes.

Como último punto relevante, es necesario mencionar las condiciones ambientales que fueron también determinantes. Siendo beneficiado de mejor manera el trabajo con la Pila Bautismal; ya que al estar a una altura menor y en un lugar cerrado el ejercicio de toma de imágenes se llevó a cabo de manera más ordenada y a una distancia más cercana se pudieron captar mejor los detalles. En cuanto a la Cruz del Claustro, estando en un lugar exterior, la luz del sol fungió como principal fuente luminosa, la cual su incidencia puede ser apreciada de forma clara en el modelo (en su parte posterior), causando la formación de sombras, prácticamente inevitables, y que afectan la apreciación de algunos relieves. A diferencia de la pila, el modelo de la cruz no presenta unos tallados definidos en su estructura digital, siendo la distancia, también un factor importante.

Capítulo 5.- Conclusiones y recomendaciones

5.1.- Conclusiones

Afortunadamente se contó con el apoyo de personal en el área de turismo de Jilotepec y de la Parroquia de San Pedro y San Pablo; para el desarrollo de las actividades de campo, siendo una parte primordial, su atención constante. Dando pauta a un aprueba de forma preliminar, la cual dio como resultado una serie de aspectos (variables) a considerar de forma posterior para la creación en los modelos finales.

La evolución constante de la tecnología permite simplificar un sin número de actividades complejas, facilitando su ejecución y mejorando los resultados finales. Si bien, aún conservan los principios metodológicos para su generación (como lo es en el trabajo de campo), el procesamiento de la información posterior a la recolección de datos; es un factor importante para interpretar los mismos; de una manera más clara y concisa para quienes reciben dichos resultados. Un ejemplo claro es la interpretación de graficas por medios digitales, los cuales hacen una representación no tangible de datos numéricos, que, al ser procesados, se obtienen modelos visibles cercanos a la realidad.

Así, los modelos generados en este último ejercicio de aplicación tecnológica, son una muestra de lo antes mencionado, donde se incluyó un trabajo de campo inicial, un procesamiento de datos y, por último, la manipulación de los mismos (edición) para obtener un resultado final. Estos tres factores convergieron para la generación de un modelo fiel, no obstante, los recursos técnicos juegan también un papel importante para la eficiencia y calidad en el modelado.

En el prototipo final se observó una clara mejora representativa en cuanto a las pruebas iniciales. La generación de variables y su posterior atención fue determinante para adaptar las acciones necesarias y minimizar los problemas en el modelo tridimensional, no obstante, el resultado grafico obtenido da la posibilidad de una constante mejora continua, ya que cada objeto y ambiente requiere de atenciones particulares, principalmente metodológicas.

Los modelos generados en esta práctica dan la pauta para su consulta, emulación y posterior mejora por parte de los ámbitos interesados; como el académico, cultural e histórico. Ya que riqueza patrimonial de México, es una constante presente en todo el país, donde las nuevas tecnologías pueden intervenir para su documentación, catalogación y difusión, y de esta manera den lugar a la fusión de los vestigios del pasado y las tecnologías del presente, permitiendo que las generaciones futuras obtengan un acervo rico en imágenes digitales.

Para finalizar, es importante considerar que tanto el software como el hardware; van cambiando y mejorando continuamente. Ya sea por medio de versiones actualizadas (como en el software), o la utilización de nuevos aditamentos (como en el hardware), la calidad y flexibilidad de su uso va adaptándose a las nuevas demandas tecnológicas. Por lo que estos cambios deben ser tomados en cuenta para una futura ejecución de trabajo; actualizando todos los rubros posibles.

5.2.- Recomendaciones

a) Propuestas de mejora en la metodología

La forma de ejecución de la metodología utilizada, estuvo apegada conforme a las condiciones y recursos disponibles para la ejecución del proyecto; si bien no fue un trabajo completamente profesional, se considera retomar los siguientes puntos derivados de las observaciones en el modelo final para obtener resultados aún mejores.

Para el trabajo de campo:

- Llevar a cabo un mayor número de tomas a los objetos, con la finalidad de aumentar la cantidad de fotografías seleccionadas para su posterior procesado, mejorando así; la calidad de textura.
- Disponer de un equipo de iluminación que permita aportar luz de forma uniforme a los objetos (tanto lateral como superior).

- Utilizar herramiental y/o dispositivos que permitan obtener imágenes de los objetos en su parte superior; como lo son extensiones o drones.
- Llevar a cabo una medición del nivel de iluminación, con el fin de tener un dato referente para con la creación de los modelos, y de esta forma comparar con qué nivel se logra una reconstrucción tridimensional más fiel al original.

En cuanto al procesamiento de datos (imágenes):

- Optar por el uso de un dispositivo (computadora personal) acorde con las especificaciones y/o recomendaciones del fabricante del software; para tener resultados de procesamiento óptimo. Haciendo énfasis (principalmente) en contar con CPU, memoria RAM y tarjeta gráfica, de buena capacidad y prestaciones.
- Mantener actualizados los drivers y controladores del equipo de cómputo.

Para la edición del modelo:

- Profundizar en el conocimiento y manejo de las herramientas de software, para aplicar más funcionalidades en la generación del modelo final.
- Optar por el uso de versiones del software compatibles con las prestaciones de la computadora, con el fin de evitar errores o saturación del sistema en la misma.
- Hacer uso de mayores herramientas del Software ya utilizado y de ser posible, complementar la edición con otros programas.

b) Sugerencias para el uso de los archivos digitales creados

En cuanto a la aplicación de los modelos generados, se tiene como una finalidad principal generar un archivo digital que sea un referente visual para consulta con finalidad educativa y/o cultural. Sin embargo, las cualidades del archivo producido permiten la apertura de su uso en distintos contextos como lo son:

- Difusión cultural por medio de plataformas en internet. (subir el modelo a una página web).

- Uso del modelo tridimensional como apoyo visual en actividades educativas.
- Elaboración de recorridos virtuales.
- Utilización del mayado para la elaboración de una impresión en 3D.

5.3.- Productos de tesis

Durante el desarrollo de la tesis se llevaron a cabo algunas actividades complementarias, las cuales tuvieron una finalidad el compartir los conocimientos generados en el ámbito educativo. Como primera actividad se llevó a cabo el taller virtual “*Creación de un modelo en 3D, a partir de fotografías por medio de software*” (Figura 7.1), en el cual se mostraron los pasos a seguir en la utilización del programa *Meshroom*, realizando un ejemplo sencillo de su aplicación y retomando algunos aspectos importantes para la prueba final.

Figura 7.1

Constancia de participación como Ponente del Taller Virtual “Creación de un Modelo en 3D, a partir de Fotografías por medio de Software”.



Además, cabe resaltar que los modelos; resultado de una prueba final, formaron parte de una presentación dentro del marco del 8° congreso de ingeniería industrial y 8vo Coloquio Nacional de Servicio Social y Prácticas Profesionales (Figura 7.2 y 7.3)... por parte de la UAEH, en los cuales se expusieron los resultados obtenidos.

Figura 7.2

Constancia de Participación en el 8° Congreso de Ingeniería Industrial, con el tema “Reconstrucción digital por Fotogrametría de un Objeto Simbólico del Municipio de Jilotepec”.



Figura 7.3

Reconociendo por la Participación en 8vo Coloquio Nacional de Servicio Social y Prácticas Profesionales...



Como último producto, se pude destacar la realización de modelos impresos en 3D; como resultado de la exportación de los archivos de mayado a un formato compatible con un *laminador* (software de edición para impresión 3D). Esto con el fin de realizar pruebas preliminares que sirvan como base para profundizar en el conocimiento y práctica del manejo de modelos digitales tridimensionales y su posterior uso en diversos rubros. En particular, con miras a llevar a cabo la reconstrucción de prototipos fieles a las formas originales, ya sea para su exposición y/o estudio, como una forma de difusión cultural u otro. A continuación, se muestran algunas imágenes (Figura 7.4) que ilustran el proceso de tratamiento en el software y el posterior resultado de las piezas impresas.

Figura 7.4

a) y b), *Edición de los Modelos 3D por medio de un Software Laminador.*

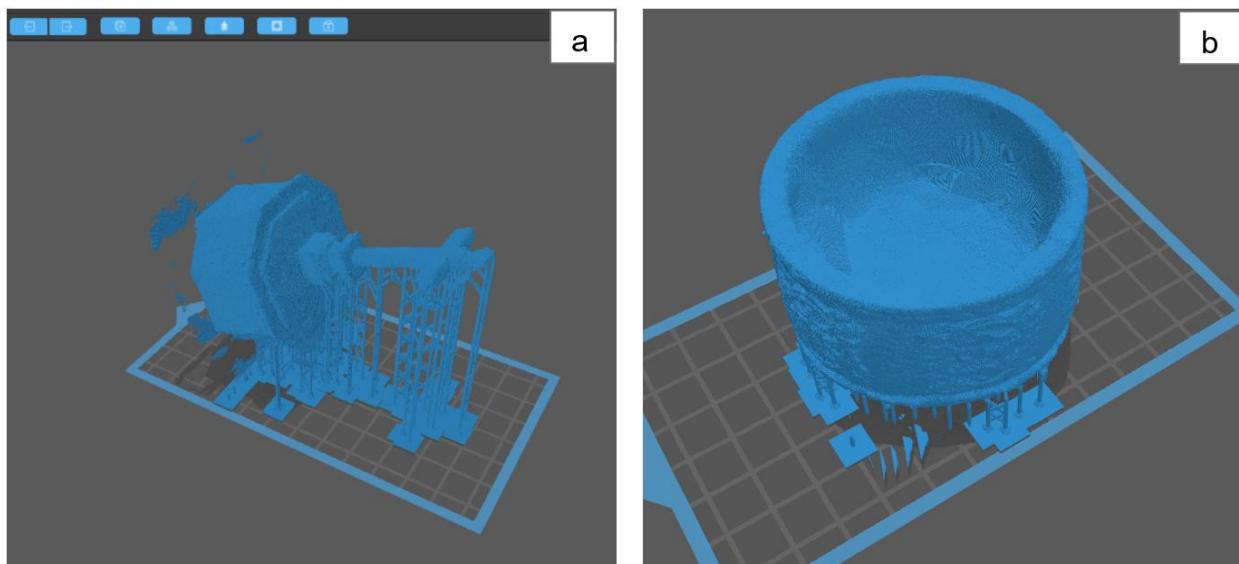
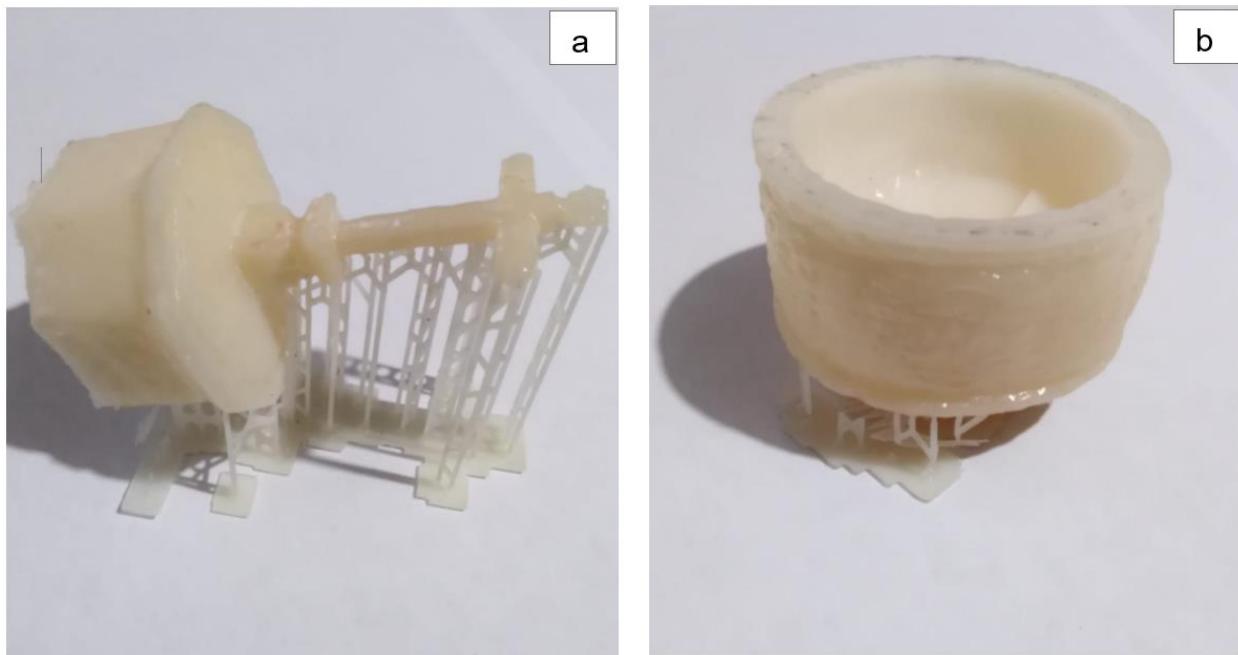
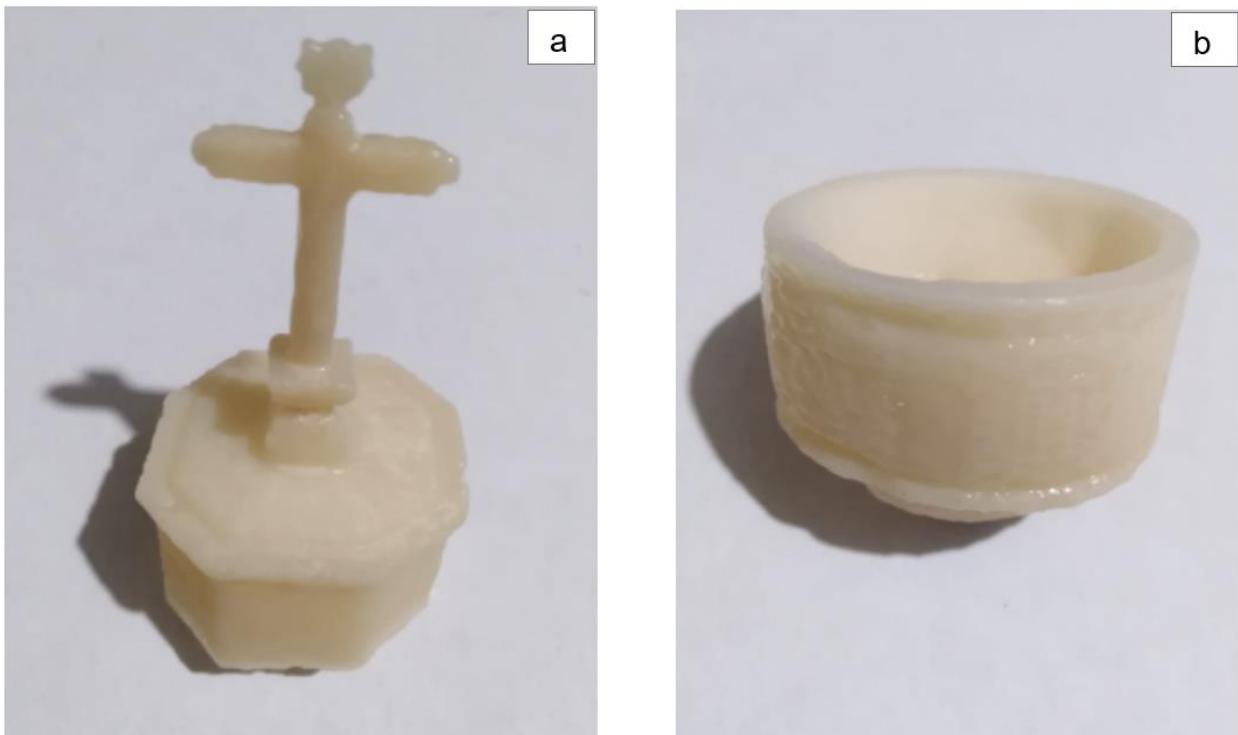


Figura 7.4.1

a) y b), *Prototipos de Resina que incluyen los Soportes de Impresión.*

**Figura 7.4.2**

a) y b), *Prototipos de Resina Finales, producto de la Impresión 3D.*



Bibliografía

- 3D collective. (17 de Abril de 2018). *GUIA DE FOTOGRAMETRÍA*. 3dcollective.es: <https://3dcollective.es/fotogrametria/>
- Alicevision. (2021). *Meshroom manual*. alicevision.org: <https://meshroom-manual.readthedocs.io/en/latest/index.html>
- Almagro, A. (2003). De la fotogrametría a la infografía. Un proceso informatizado de documentación. *Informática y Arqueología medieval*, 47-81.
- Aza Pusapaz , J. A. (2019). Riqueza Cultural y Turismo Cultural. *TIERRA INFINITA* , 74-192.
- Blender. (2021). *About Blender*. blender.org: <https://www.blender.org/about/>
- Blender. (2021). *Blender 2.92 Manual de Referencia*. Blender.org: <https://docs.blender.org/manual/es/2.92/index.html#>
- Blender. (2021). *Sculpting*. blender.org: <https://www.blender.org/features/sculpting/>
- Brambila Paz, R., Medina Medina , A., Villegas M., M. E., Crespo, A. M., & Reyes Retana , Ó. (2013). *Códice de Jilotepec (Estado de México) Rescate de una historia* . México : Fondo Editorial Estado de México .
- Brambilia Paz, R., Medina Medina , A., Villegas M. , M., Crespo , A., & Reyes Retana , Ó. (2013). *Territorio de la Provincia de Jilotepec del Siglo XVI sobre la División Política Actual [Imagen]*. México: Fondo Editorial Estado de México.
- Bremer , J. J. (2021). *La preservación del patrimonio cultural un permanente desafío*. heraldodemexico.com.mx:<https://heraldodemexico.com.mx/opinion/2021/7/30/la-preservacion-del-patrimonio-cultural-un-permanente-desafio-321050.html>
- Careaga, A. (26 de septiembre de 2019). *Fotogrametría, la conversión de una imagen 2D al plano tridimensional*. innovacion.uas.edu.mx: <http://innovacion.uas.edu.mx/fotogrametria-la-conversion-de-una-imagen-2d-al-plano-tridimensional/>

- Careaga, A., & Gerez, V. (1984). *Guía turística, histórica y geográfica de México: Estado de México y Morelos*. México : Promociones Editoriales Mexicanas.
- Carlos Cardona. (12 de Abril de 2019). blender 2.8 modificador subdivision surface tutorial español [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=jVpiZMkPSrc>
- Carlos Cardona. (25 de Marzo de 2021). Como Combinar Texturas y materiales en BLENDER Tutorial Español [video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=egi2ijtF_AY
- Castillejos Fernández, H., López Ortega, O., Castro Espinoza, F., & Ponomaryov, V. (2017). *An intelligent system for the diagnosis of skin cancer on digital images taken with dermoscopy*, *Acta PolytechnicaHungarica*. www.uni-obuda.hu: http://www.uni-obuda.hu/journal/Castillejos-Fernandez_Lopez-Ortega_Castro-Espinoza_Ponomaryov_74.pdf
- Charquero Ballester, A. (2016). Práctica y usos de la fotogrametría digital en arqueología. *Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico*, 139-157.
- Charquero Ballester, A. M. (2016). Documentación del torso del guerrero de la Alcudia de Elche (Alicante) con Photomodeler Scanner en 2010 [Imagen]. *Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico*, 153.
- Correa Orozco, C., Monteverde Puig, P., Ormeño Bustos, L., & Suazo Navia, A. (2016). Preservación de la información mediante herramientas de virtualización: fotogrametría y panorámicas de alta resolución. *Conserua*, 135-144.
- Crompwell. (14 de Noviembre de 2018). Photogrammetry in Meshroom & Blender [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=RmMDFydHeso>
- Cuartero Sáez, A. (2001). *Fotogrametría Digital*. bibliotecadigital.ciren.cl: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/17024/00012817.nul?sequen ce=1>

- De Jesús Luis, A. S., Ordóñez Velázquez, S., Pineda Martínez, D., Brenes Solano, B., & González Fernández, J. (2019). Fotogrametría: cómo crear modelos tridimensionales de bajo costo, con características realistas y fácil manipulación, para su uso en la enseñanza y el diagnóstico médico. *Investigación en Educación Médica*, 100-111.
- Delgado García, J. (2010). *De la Fotogrametría Analógica a la Fotogrametría Digital [Imagen]*. ujaen.es: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/fotodigital/descargas/FD_tema1.pdf
- Delgado García, J. (2010). *Fotogrametría Digital*. ujaen.es: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/fotodigital/descargas/FD_tema1.pdf
- Destinos México. (2020). *Sitios Patrimonio de la Humanidad en México* . programadestinosmexico.com: <https://programadestinosmexico.com/patrimonio-de-la-humanidad.html>
- Ey-ChmielewskaA, H., Chruściel-Nogalska, M., & Frączak, B. (2015). Photogrammetry and Its Potential Application in Medical Science on the Basis of Selected Literature. *Adv Clin Exp Med* , 737–741.
- Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México . (2009). *Patrimonio monumental en torno a la independencia en el Estado de México* . México: Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal .
- Filext. (2021). *Abrir un archivo GLB*. filext.com: <https://filext.com/es/extension-de-archivo/GLB>
- G. Ranzuglia, M. Callieri, M. Dellepiane, P. Cignoni, & R. Scopigno. (2013). MeshLab as a complete tool for the integration of photos and color with high resolution 3D geometry data. *CAA 2012 Conference Proceedings*, (págs. 406-416).
- González Ponce, C. (2018). Tres instantáneas de la relación entre fotografía científica y antropología en México. *Encartes antropológicos*, 13-35.
- Granshaw, S. (2020). Photogrammetric Terminology: Fourth edition . *The Photogrammetric Record* , 143–288 .

- Gudiño Maussán, J. L., Aguilar, F. J., & Hernández-Rivera, R. (2018). Aplicación de fotogrametría digital para el registro de las huellas de dinosaurio de la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano tardío), Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 307-324.
- Huitrón Huitrón , A. (1999). *Jilotepec, Monografía Municipal*. Toluca, Estado de México: Gobierno del Estado, Instituto Mexiquense de Cultura.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (6 de Febrero de 2020). *Definiciones técnicas*. www.inah.gob.mx: <https://www.inah.gob.mx/academia/definiciones-tecnicas>
- Jack Lynch. (30 de Enero de 2020). Mushroom Blender photogrammetry workflow [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=HZPAqL0JJiw>
- Jauregui , L. (s.f.). *Introducción a la Fotogrametría*. www.webdelprofesor.ula.ve: http://www.webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Fotogrametr%EDa/CAPI_TULO1.pdf
- Jilotepec TV Canal 21. (25 de mayo de 2015). Historia "Cruz del ex convento Franciscano en Jilotepec" [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=f7gOi4NbR2A>
- Jilotepec TV Canal 21. (19 de junio de 2017). Historia- Pila bautismal (Jilotepec) [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=xKxOXDinvWA>
- Lerma, J. L., Cabrelles, M., Seguí, A. E., & Navarro, S. (2011). Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares. *Revista PH*, 127-129.
- Luengo, P., & Luengo, J. (2019). Fotogrametría y análisis lumínico. *artnodes*, 64.
- Martin Bohórquez, S., & Otálora Villada, A. (2016). Comparación de Fotogrametría terrestre y Escáner Laser en pictogramas. Caso de estudio: Zona Canoas en la vereda El Charquito del municipio de Soacha.
- Martín, S., Suárez, J., Rubio, R., & Gallego, R. (2004). *Aplicación de los sistemas de visión estereoscópica en las enseñanzas técnicas*. researchgate.net:

https://www.researchgate.net/publication/228779560_Aplicacion_de_los_sistemas_de_vision_estereoscopica_en_las_ensenanzas_tecnicas

Mellet, R. (2021). *github.com*. Draft Meshing: <https://meshroom-manual.readthedocs.io/en/latest/faq/needs-cuda/needs-cuda.html>

Michael Harmon. (21 de Junio de 2019). 3D Scanning For Free With Meshroom [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=vU6PoarLEzs>

Microsoft Corporation. (2021). *Visor 3D*. microsoft.com: <https://www.microsoft.com/es-mx/p/visor-3d/9nblggh42ths?activetab=pivot:regionofsystemrequirementstab>

Molina Enríquez , Á. (2007). *Antología de la obra de Andrés Molina Enríquez* . México : Gobierno del Estado de México.

Mora Flores , Á. (2011). Tecnología escáner láser aplicada al estudio del patrimonio cultural edificado de México. *Intervención*, 51-54.

Naranjo Mogollones, N. A., & Suazo Navia, A. (2018). Nuevas respuestas a partir de la reconstrucción virtual de una urna cerámica del complejo cultural El Vergel, Chile. *Intervención*, 41-53.

Nvidia. (2021). *CUDA Toolkit/SDK*. developer.nvidia.com: <https://developer.nvidia.com/cuda-zone>

P. Cignoni, M. Callieri, M. Corsini, M. Dellepiane, F. Ganovelli, & G. Ranzuglia. (2008). MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool. *Sixth Eurographics Italian Chapter Conference*, (págs. 129-136).

Palacios, A. (6 de Julio de 2021). *¿Qué es Blender? El software que convertirá tus ideas en 3D*. www.crehana.com: <https://www.crehana.com/mx/blog/animacion-modelado/que-es-blender/>

Paratopografía. (2021). *Fotogrametría*. <https://paratopografia.com/> <https://paratopografia.com/fotogrametria-aerea-terrestre-y-satelital/>

Pixamuse. (6 de Marzo de 2021). Pinceles de Escultura | Blender Escultura [video]. Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=js6X7dYH_cM

Portal Municipal Jilotepec . (s.f.). *La monumental Cruz Atrial de Jilotepec.*

jilotepecestadodemexico.gob.mx:

<https://jilotepecestadodemexico.gob.mx/presidencia/?p=4105>

Porter, K., Olson, K., & Lopez, A. (2021). *Free Photogrammetry: The Accuracy and Application*

of Open-Source SfM Software. [academia.edu:](https://www.academia.edu/45603109/Free_Photogrammetry_The_Accuracy_and_Application_of_Open_Source_SfM_Software?auto=citations&from=cover_page)

https://www.academia.edu/45603109/Free_Photogrammetry_The_Accuracy_and_Application_of_Open_Source_SfM_Software?auto=citations&from=cover_page

Quíros Rosado, E. (2014). *Introducción a la fotogrametría y Cartografía aplicadas a la ingeniería civil*. Extremadura: Universidad de Extremadura.

Quíros Rosado, E. (2014). *Visión estereoscópica natural y Visión estereoscópica artificial [Imagen]*. Extremadura: Universidad de Extremadura.

Real Academia Española. (2021). *Diccionario de la lengua española*. [rae.es:](https://dle.rae.es/fotogrametr%C3%ADA)
<https://dle.rae.es/fotogrametr%C3%ADA>

Red Nacional de Información Cultural. (2021). *Monumentos Históricos INAH*. [sic.cultura.gob.mx:](https://sic.cultura.gob.mx/index.php?table=mhistorico)

<https://sic.cultura.gob.mx/index.php?table=mhistorico>

Reyes Retana , O. (1990). *Codice de Jilotepec*. Jilotepec: H. Ayuntamiento de Jilotepec.

Reyes Retana Márquez Padilla, R. (2020). *Jilotepec cruce de caminos* . México : Secretaría de Cultura del Estado de México.

Reyes Retana, O. (1990). *Facsímil del Códice [Imagen]*. Jilotepec: H. Ayuntamiento de Jilotepec.

Sánchez Espeso, J. M., & Pereda García, R. (2014). *Metodologías topográficas y aplicaciones*. [unican.es:](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/713/course/section/736/Fotogrametria.pdf) <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/713/course/section/736/Fotogrametria.pdf>

Secretaría de Turismo. (2016). *México, referente internacional del turismo cultural: Sectur.* www.gob.mx: <https://www.gob.mx/sectur/articulos/mexico-referente-internacional-del-turismo-cultural-sectur-27365>

Tomás, R., Riquelme , A., Cano , M., Abellán, A., & Jordá, L. (Octubre de 2016). Structure from Motion (SfM): una técnica fotogramétrica de bajo coste para la caracterización y monitoreo de macizos rocosos. *Simposio sobre reconocimiento, tratamiento y mejora del terreno.*

Toussaint, M. (1962). *Paseos Coloniales* . México : Imprenta Universitaria .

Toussaint, M. (1962). *Pila Bautismal [Fotografía]*. México: Imprenta Universitaria.

Toussaint, M. (1962). *Pila Bautismal [Fotografía]*. México: Imprenta Universitaria.

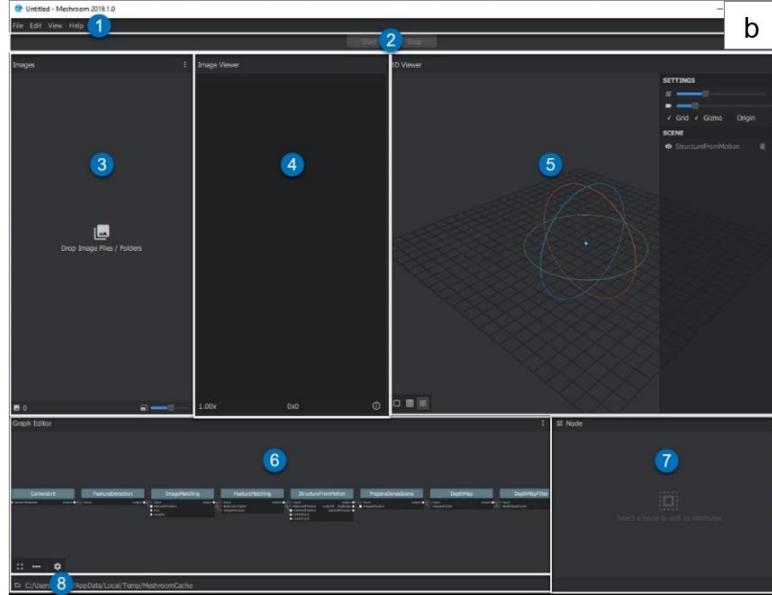
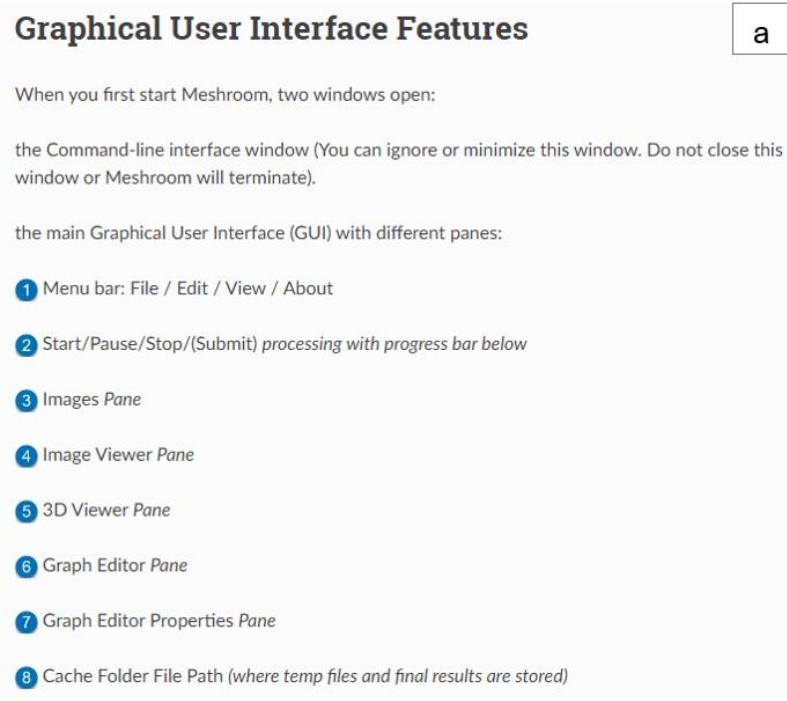
Verykokou, S., Soile, S., Bourexis, F., Tokmakidis, P., Tokmakidis, K., & Ioannidis, C. (2020). A Comparative Analysis of Different Software Packages for 3D Modelling of Complex Geometries. *EuroMed* , 228-240.

Von Übel, M. (2021). *Los mejores programas de fotogrametría de 2021*. all3dp.com: <https://all3dp.com/es/1/mejores-programas-fotogrametria/#colmap>

Apéndice A. Composición de la ventana del software *Meshroom*.

Figura A1

a) y b), Elementos de la Ventana de *Meshroom*.



Nota. Imágenes tomadas por medio de captura de pantalla de la página oficial

<https://alicevision.org/>

Apéndice B. Requisitos recomendados y mínimos del software *Meshroom*.

Figura B1

Requerimientos Técnicos para la utilización del Software Meshroom.

Requirements

Warning

Meshroom requires an NVIDIA GPU card with a CUDA compute capability ≥ 3.0 for the MVS part. You can check your CUDA Properties [here](#) or on the [NVIDIA dev page](#).

In case you do not have a CUDA GPU, you can use the [draft meshing](#) option which uses the CPU for meshing.

Here are the minimum requirements for Meshroom:

Minimum requirements

Operating systems	Windows x64, Linux, macOS (some work required)
CPU	Recent Intel or AMD cpus
RAM	8 GB
Hard Drive	~400 MB for Meshroom + space for your data

To obtain better performances on a desktop/laptop machine the recommended requirements are:

Recommended requirements

CPU	Intel Core i7 or AMD Ryzen 7
RAM	32 GB
Hard Drive	20 GB+ HDD or SSD
GPU	Recent NVIDIA GPU

Nota. Imagen tomada por medio de captura de pantalla de la página oficial <https://alicevision.org/>

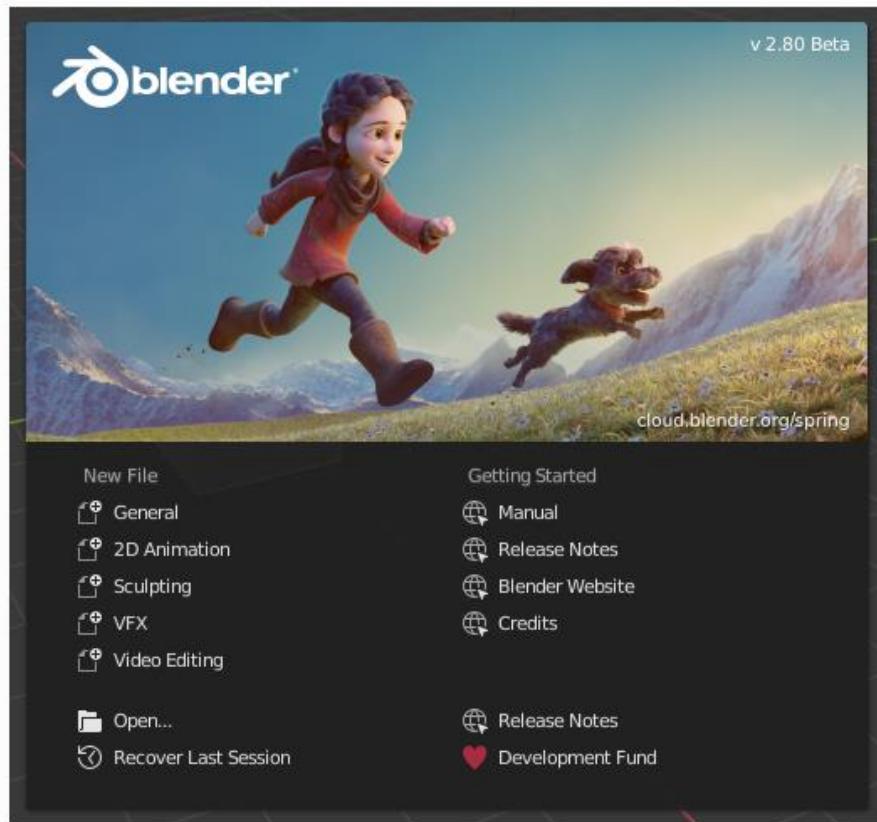
Apéndice C. Opciones iniciales en la apertura del software *Blender*.

Figura C1

*Pantalla de Presentación del Software *Blender*.*

Splash Screen

When starting Blender, the splash screen appears in the center of the window. It contains options to create new projects or open recently opened blend-files. A more detailed description can be found below.



Blender Splash Screen.

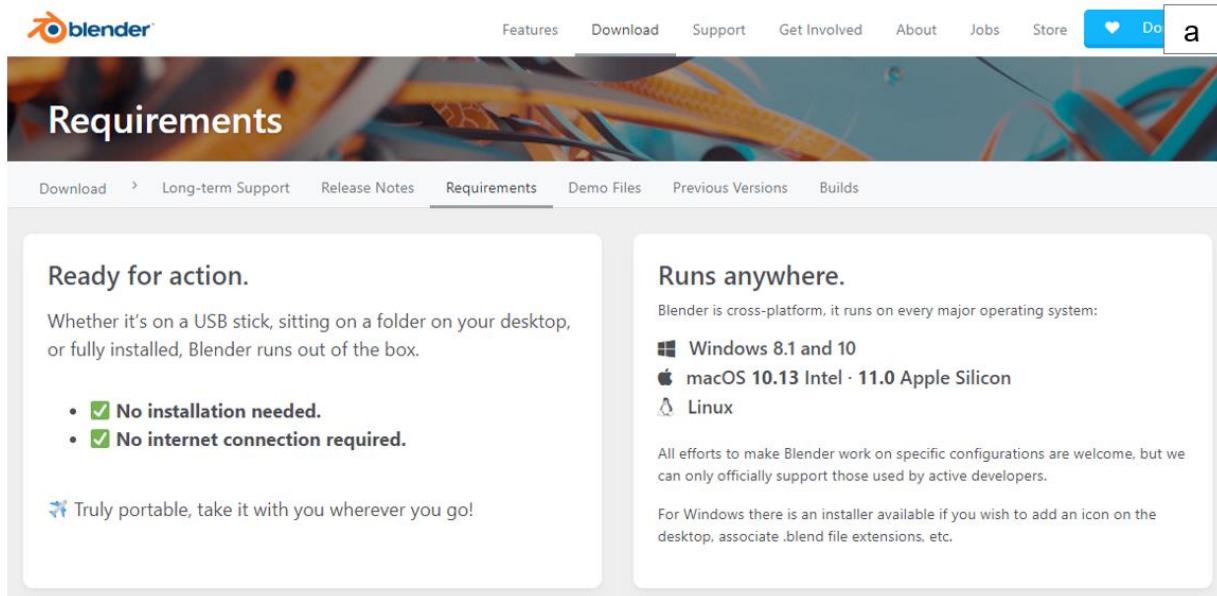
To close the splash screen and start a new project, click anywhere outside the splash screen (but inside the Blender Window) or press `Esc`. The splash screen will disappear revealing the default screen.

Nota. Imagen tomada por medio de captura de pantalla de la página oficial <https://blender.org>

Apéndice D. Requisitos recomendados y mínimos del software *Blender*.

Figura D1

a) y b), Requerimientos Técnicos para la utilización del Software *Blender*.



The screenshot shows the 'Requirements' section of the Blender website. The top navigation bar includes 'Features', 'Download', 'Support', 'Get Involved', 'About', 'Jobs', 'Store', and a sign-in button. Below the navigation is a large banner with the word 'Requirements'. The main content area has two columns: 'Ready for action.' on the left and 'Runs anywhere.' on the right. The 'Ready for action.' section discusses portability and lists two bullet points: 'No installation needed.' and 'No internet connection required.' It also includes a note about being truly portable. The 'Runs anywhere.' section discusses cross-platform compatibility and lists supported operating systems: Windows 8.1 and 10, macOS 10.13 Intel - 11.0 Apple Silicon, and Linux. It also notes that Blender is cross-platform and runs on every major operating system.

Hardware Requirements

b

Minimum	Recommended	Optimal
<ul style="list-style-type: none"> 64-bit dual core 2Ghz CPU with SSE2 support 4 GB RAM 1280x768 display Mouse, trackpad or pen+tablet Graphics card with 1 GB RAM, OpenGL 3.3 Less than 10 year old 	<ul style="list-style-type: none"> 64-bit quad core CPU 16 GB RAM Full HD display Three button mouse or pen+tablet Graphics card with 4 GB RAM 	<ul style="list-style-type: none"> 64-bit eight core CPU 32 GB RAM Full HD displays Three button mouse and pen+tablet Graphics card with +12 GB RAM

Supported Graphics Cards

Always make sure to install the latest drivers from the graphics card manufacturer website. These requirements are for basic Blender operation, Cycles rendering using the GPU has higher requirements.

NVIDIA

GeForce 400 and newer, Quadro Tesla GPU architecture and newer, including RTX-based cards, with NVIDIA drivers ([list of all GeForce and Quadro GPUs](#))

AMD

GCN 1st gen and newer. Since Blender 2.91, Terascale 2 architecture is fully deprecated, try using 2.90 (albeit not supported, it might still work) ([list of all AMD GPUs](#))

Intel

Haswell architecture and newer. ([list of all Intel GPUs](#))

macOS

Version 10.13 or newer for Intel processors on supported hardware. Version 11.0 for Arm-based processors (Apple Silicon).

Nota. Imágenes tomadas por medio de captura de pantalla de la página oficial <https://blender.org>

Apéndice E. Exportación de archivo preliminar al software *Blender*.

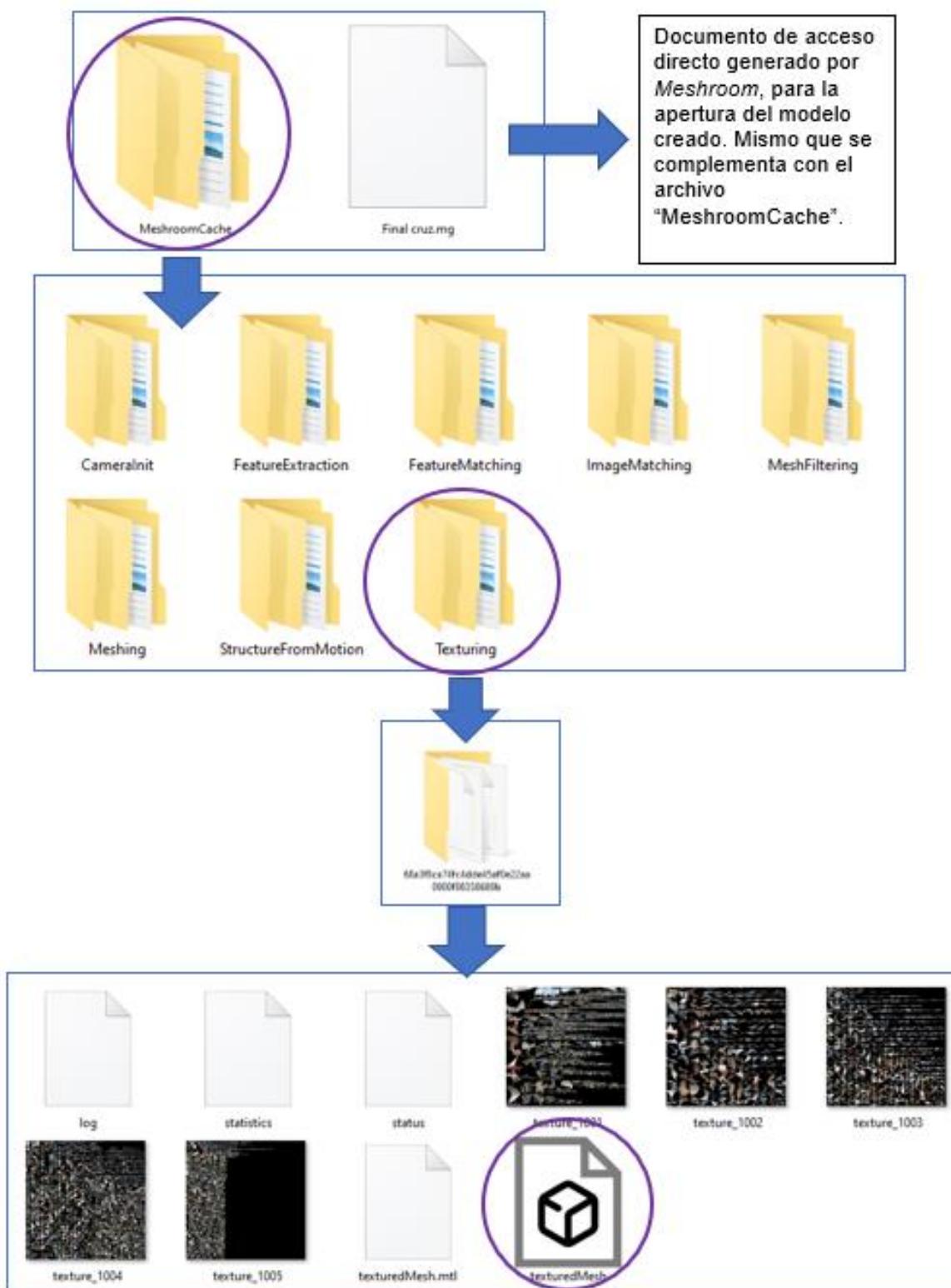
La utilización de este software permite generar un archivo final (formato. GLB), el cual contiene las características de la estructura, el mayado y la textura, mejoradas por medio de las herramientas disponibles en el programa. No obstante, las características de luminosidad y texturizado (principalmente), son dadas por la calidad de las imágenes originales, siendo un factor determinante para la realización de un modelo final.

Posterior a la reconstrucción en *Meshroom*, la generación de carpetas y subcarpetas de manera automática en la computadora llamada “*MeshroomCache*”; donde están contenidos los archivos referentes a cada uno de los nodos procesados, mismos que están dentro de subcarpetas con el nombre correspondiente de cada uno. Particularmente, se utilizó el contenido de la subcarpeta con el nombre “*Texturing*”, donde se encuentra ubicado un archivo denominado “*TexturedMesh*”; el cual contiene la información de la figura texturizada y se encuentra en formato .OBJ, que es compatible para editar con el programa *Blender*.

Nota: Los documentos integrados dentro de la misma carpeta que el archivo “*TexturedMesh*”, deben de permanecer en la misma dirección que el antes mencionado, ya que son complementarios y contienen información relevante, como por ejemplo las imágenes de textura en formato PNG. Los documentos “log”, “statistics” y “status”, no presentan un formato definido. A continuación, se muestra una Impresión de pantalla del explorador de Windows (ver figura E1), la cual indica la ubicación del archivo utilizado para la edición.

Figura E1

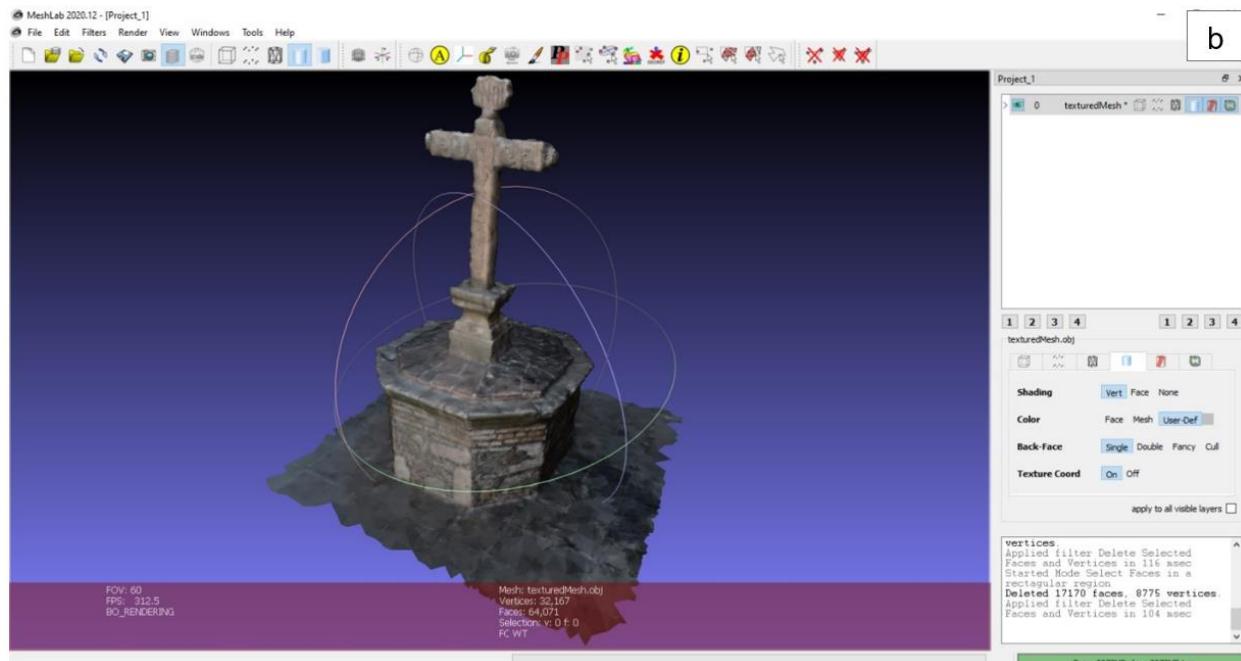
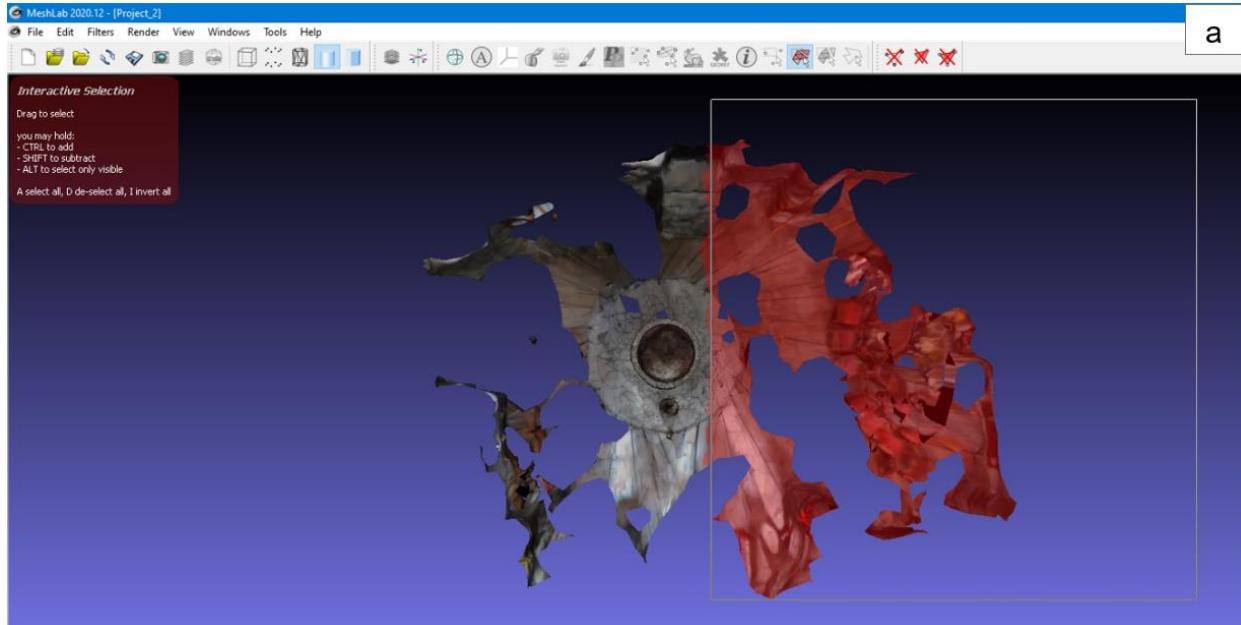
Carpetas y Subcarpetas contenedoras del Archivo a Editar; "texturedMesh".

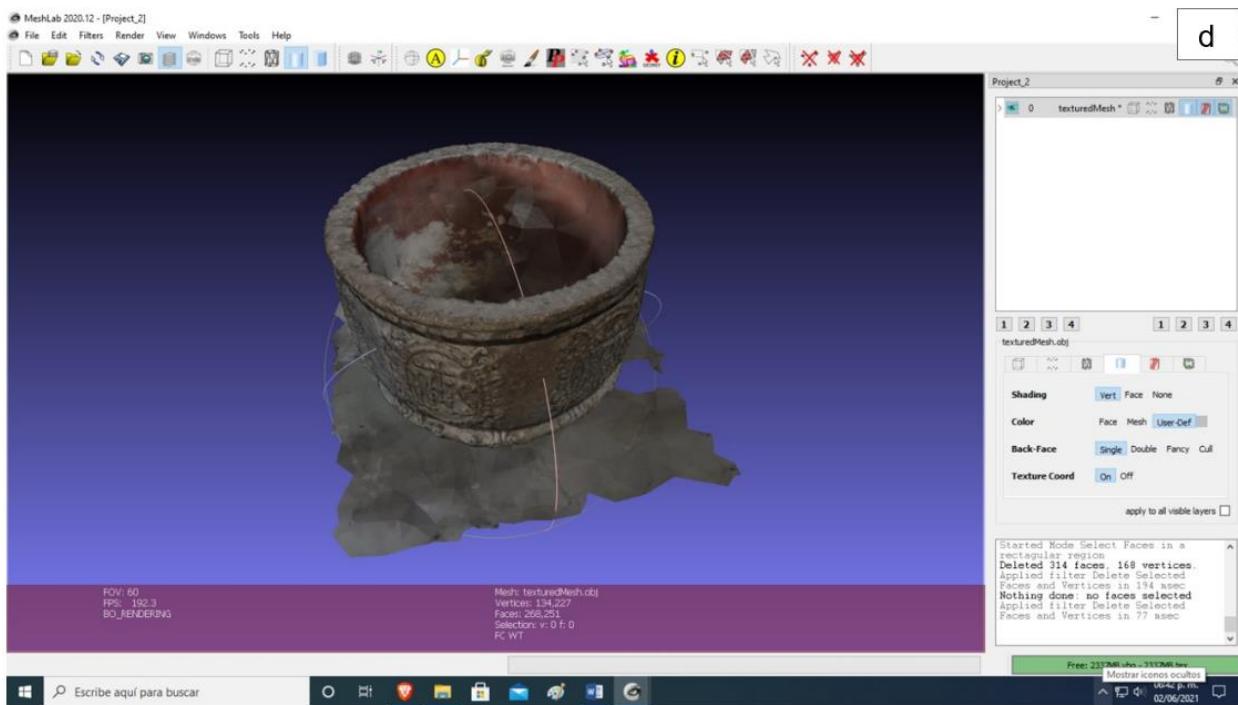
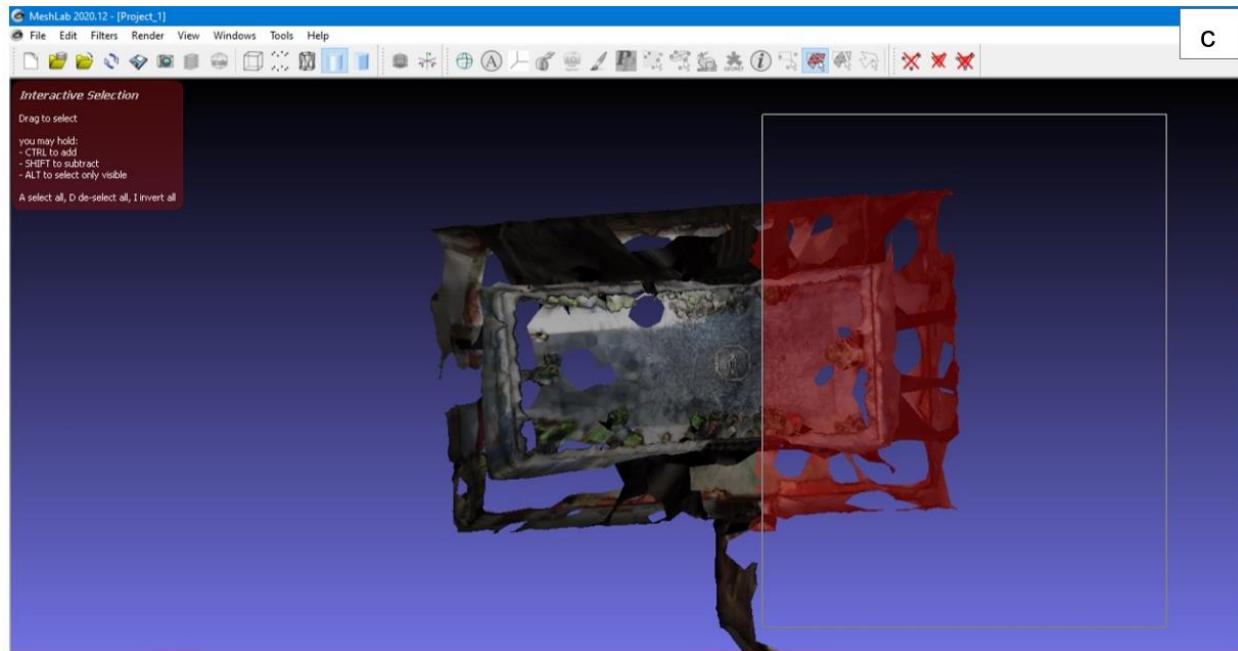


Apéndice F. Apertura de modelo preliminar en el software *Meshlab*.

Figura F1

Impresiones de pantalla que muestran el Trabajo de Edición previo de la Pila Bautismal a), b) y la Cruz del Claustro c), d); respectivamente.

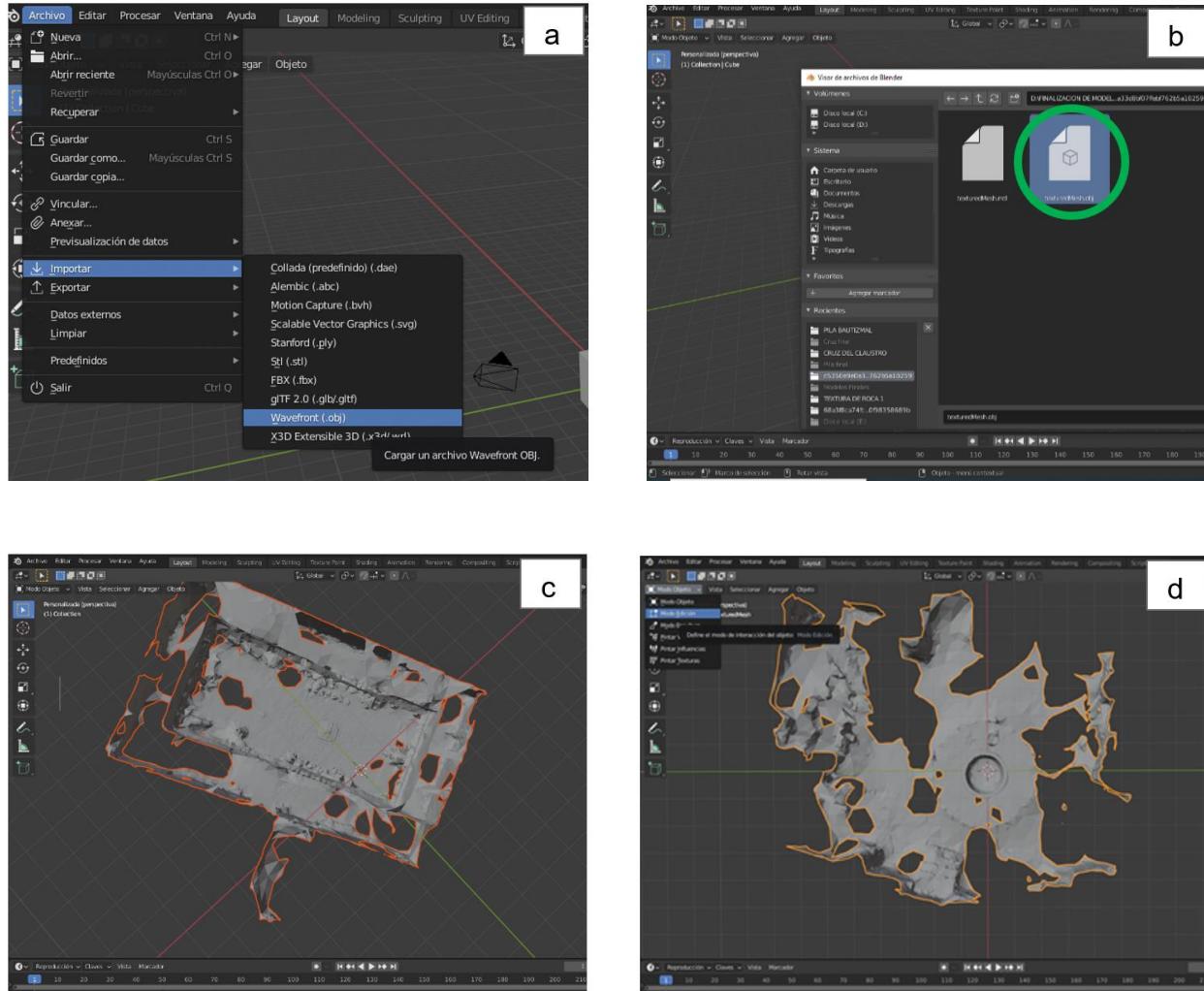




Apéndice G. Apertura de modelo preliminar en el software *Blender*.

Figura G1

a) y b), Menú y Ventana de apertura del Documento “TexturedMesh”. c) y d), Vistas Superiores de los modelos de la Cruz del Claustro y Pila Bautismal, respectivamente.

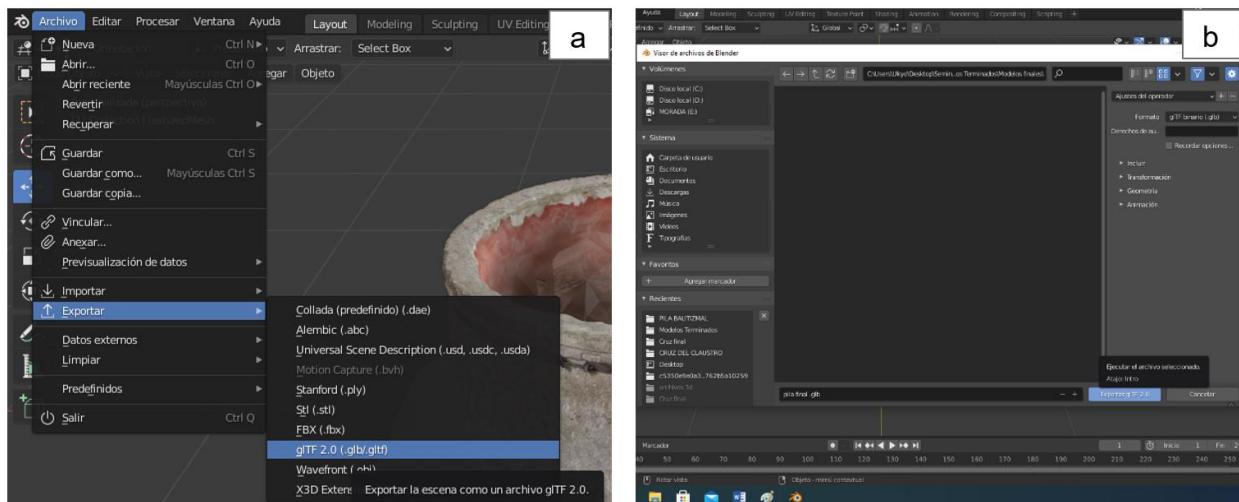


Apéndice H. Generación de archivo final a través del software *Blender*.

Para generar el archivo final, se realiza una serie de pasos para “exportar” (generar un documento son formato específico), el modelo editado, el cual contenga las características necesarias para poder ser visualizado en otros equipos de cómputo de manera simple. Al terminar la edición, en la parte superior izquierda de la ventana principal, se elige el botón “Archivo”- “Exportar”-“gltf (.glb/.gltf)”; abriendo una nueva ventana, la cual indica la dirección en la que se desea guardar el modelo. En las imágenes siguientes (ver figura H1) se muestran los submenús de selección para exportar el modelo editado y la ventana para ubicación final del archivo.

Figura H1

a) y b), Exportación de la figura editada al formato “gltf”, por medio de blende las opciones del menú “Archivo”.



Anexos

Anexo 1: Extracto de la solicitud preliminar, enviada a la parroquia de San Pedro y San Pablo, con la finalidad de obtener permiso en la toma de fotografías.

 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO Escuela Superior de Tepeji del Río Campus Tepeji del Río</p> <p>Jilotepec, Estado de México a ____ de ____ de 2021 Asunto: Solicitud</p> <p>Pbro. _____ Parroquia de San Pedro y San Pablo</p> <p>Actualmente, me encuentro desarrollando mi propuesta de tesis la cual (hasta el momento) lleva el título de Reconstrucción digital por fotogrametría de una pieza emblemática del municipio de Jilotepec, con la finalidad de generar un archivo digital. La propuesta de este trabajo, plantea llevar a cabo una toma de fotografías de piezas talladas en piedra, que se encuentran ubicadas en el interior de la parroquia (con especial interés en la pila bautismal y la cruz del patio interior). Posterior a la toma de fotografías, por medio de un software; se propone realizar un modelo tridimensional para generar un archivo digital para su posterior consulta.</p> <p>Por medio del presente, me dirijo a usted con la necesidad de pedirle que en su cargo y función de servicios pueda concederme el apoyo para desarrollar el trabajo de estudio propuesto, por lo que pido amablemente su ayuda para la gestión (de ser necesario) y permiso de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permitir el acceso de un servidor, al área del patio interior y pila bautismal para llevar a cabo la toma de fotografías pertinentes, es importante mencionar que en ningún momento se tendrá contacto directo con las piezas; ya que la captura de imágenes se realiza a una distancia considerable y no será necesario realizar algún tipo de interacción que pueda perjudicar su estado actual. - Permitir (en caso de ser necesario y posible) la consulta de libros, litografías, fotografías, y demás material bibliográfico, hemerográfico o fuente documental, que puedan tener información referente a las piezas (antes mencionada) e historia del municipio, para generar información la cual apoye mi trabajo de tesis. - De ser posible, asigne a personal de apoyo y acompañamiento, el cual se encargue de supervisar y salvaguardar la integridad de las piezas, para revisar y dar constancia de que únicamente se lleven a cabo las actividades antes descritas. <p>De lo anterior, cabe mencionar que la actividad de toma de fotografías es sin flash, y de ser necesario tomar una grabación de video, el cual será realizado por mi persona y con equipo fotográfico propio. Se solicita me concedan llevar a cabo las actividades antes descritas una sola vez, contemplando una duración de máximo 4 horas, de preferencia en un horario de entre 10:00 a 14:00 hrs.</p>	 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO Escuela Superior de Tepeji del Río Campus Tepeji del Río</p> <p>Cabe hacer mención que, al término de la realización del estudio de investigación, se hará entrega de una copia en formato electrónico, que corresponda con el trabajo de tesis, desarrollado en el programa de posgrado.</p> <p>Por último, agradezco su atención, quedo a sus órdenes para fijar una fecha correspondiente que permita llevar a cabo la toma de fotografías. Esperando contar con su invaluable apoyo y respuesta, le envío un cordial saludo.</p> <p style="text-align: center;">Atentamente</p> <p style="text-align: right;">Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">Alumno de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)</p> <p style="text-align: right;">Coordinador de Posgrado Escuela Superior de Tepeji del Río Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo</p> <p style="text-align: center;">Avenida del Maestro No. 41, Colonia Nativitas Segunda Sección, Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, México 42800 Teléfono: 01 777 71 729 00 ext. 5860 estr@uah.edu.mx</p> <p style="text-align: right;">www.uah.edu.mx</p> <p style="text-align: center;">Avenida del Maestro No. 41, Colonia Nativitas Segunda Sección, Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, México 42800 Teléfono: 01 777 71 729 00 ext. 5860 estr@uah.edu.mx</p> <p style="text-align: right;">www.uah.edu.mx</p>
---	--

Anexo 2: Hoja de presentación otorgada por la Dirección de Turismo del Municipio de Jiutepec y Autorización recibida por parte de la Parroquia de San Pedro y San Pablo.



Ayuntamiento Constitucional de Jiutepec
2019 - 2021

"2021. Año de la Consumación de la Independencia y la Grandeza de México"



Jiutepec, Estado de México a 3 de marzo de 2021

Asunto: El que se indica

PARROCO ALFONSO SÁNCHEZ RIVAS
IGLESIA DE SAN PEDRO Y SAN PABLO DE JIUTEPEC
P R E S E N T E

Por medio de la presente le envío un cordial saludo, así mismo dirijo este oficio para solicitarle tenga a bien permitir al Profesor Juan Carlos Noguera Martínez, estudiante de la maestría en Gestión y desarrollo de nuevas tecnologías, en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; realizar la sesión fotográfica de las piezas históricas de la parroquia a su digno cargo con el fin de llevar a cabo un modelo 3D que sirva para la difusión y preservación digital de las piezas en comentario.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

Atentamente

LIC. GISELA OSORNIO SILVA
DIRECTORA DE TURISMO

DEL AYUNTAMIENTO DE JIUTEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Parroquia de San Pedro y San Pablo

Plaza Manuel Ávila Camacho No. 240, Col. Centro,
Jiutepec, Estado de México, C.P. 43240
Diócesis de Atotonilco

Juan Carlos Noguera Martínez
Alumno de la UAEH
PRESENTE

Reciba por medio de la presente un respetuoso saludo.

El que suscribe Pbro. Alfonso Sánchez Rivas, Párroco de la Parroquia de San Pedro y San Pablo, Jiutepec, le comunica que tiene autorización para hacer toma de fotografías de la pila bautismal y de la Cruz del Claustro ubicadas en la Parroquia, así como consultar los libros históricos que contengan información de dichos monumentos. Así mismo tendrá acompañamiento de personal de la Parroquia que dará testimonio la realización exclusiva del trabajo que solicita.

Sin más por el momento nos despedimos deseándole que Dios le ilumine en la realización de su trabajo.

Atentamente
Pbro. Alfonso Sánchez Rivas
Párroco



Palacio Municipal: Leona Vicario No. 101, Colonia Centro, C.P. 43240
Jiutepec, Estado de México - Teléfonos: (761) 7 34 01 15 al 17 y 7 34 00 22



Tel: (01 761) 734 0015 email: parroquiapedropablojiutepec@gmail.com