



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CREACIÓN DE LOS MODELOS 3D DIRIGIDO A PROYECTOS DE
REALIDAD AUMENTADA PARA ECOMMERCE

CALDERON AGUIRRE SAMUEL ISAIAS
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Creación de los modelos 3D dirigido a proyectos de realidad
aumentada para Ecommerce

CALDERON AGUIRRE SAMUEL ISAIAS
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

Creación de los modelos 3D dirigido a proyectos de realidad aumentada para
Ecommerce

CALDERON AGUIRRE SAMUEL ISAIAS
INGENIERO DE SISTEMAS

RIVAS ASANZA WILMER BRAULIO

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

samuel calderon

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
2	www.xataka.com Fuente de Internet	<1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
4	piz.san.edu.pl Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
9	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CALDERON AGUIRRE SAMUEL ISAIAS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Creación de los modelos 3D dirigido a proyectos de realidad aumentada para Ecommerce, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

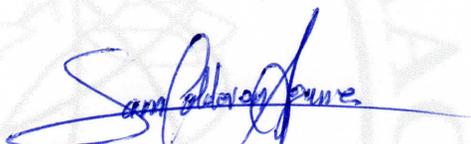
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de septiembre de 2021



CALDERON AGUIRRE SAMUEL ISAIAS
0750381014

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me estuvieron apoyando a lo largo de todo este proceso académico, especialmente a mis padres, familiares, amigos y compañeros.

Samuel Isaías Calderón Aguirre

AGRADECIMIENTO

Agradezco primordialmente a Dios por darnos fuerza, salud y permitirnos culminar esta etapa junto con todas las personas que me acompañaron en este proceso académico.

Le doy gracias a mis padres, que siempre han estado acompañándome en los momentos más complicados de mis estudios, apoyando y brindando su ayuda para salir de cualquier problema.

Además, le doy las gracias a nuestro tutor Ing. Wilmer Rivas por su ayuda, amistad, apoyo y conocimientos brindados en este proceso académico, también a todos los docentes con los que he compartido una linda experiencia durante toda la etapa universitaria.

Samuel Isaías Calderón Aguirre

RESUMEN

2020 fue el año que tuvo lugar una serie de acontecimientos que cambiaron por completo la forma de vida de la sociedad, incluida la pandemia Covid-19 que comenzó en Wuhan, China. Esto desencadenó una serie de sucesos que cesaron la actividad humana en el planeta, lo que resultó en una catástrofe económica.

En el transcurso de la pandemia las autoridades de sanidad de todo el planeta plantearon como medida de contención de contagios el aplicar cierres y cuarentenas en todo el planeta para evitar un colapso sanitario en los hospitales. Debido a las medidas tomadas, el comercio de pequeñas y medianas empresas se vio seriamente afectado por la actual emergencia sanitaria llevando a la quiebra y cierre de muchas de ellas.

Sin embargo, muchas otras empresas crecieron con la actual crisis sanitaria al contar con algún medio de comercio electrónico. Estas empresas se supieron adaptar al rápido cambio de paradigma social y económico generado por la pandemia obteniendo grandes ganancias en sus negocios.

Uno de los pilares de la cuarta revolución industrial proclamada por el Foro Económico Mundial es la digitalización de las actividades socio económicas, el comercio electrónico es un pilar fundamental dentro de la digitalización de la economía.

El comercio electrónico consiste en realizar transacciones de compra y venta de bienes, productos y servicios mediante la utilización de medios electrónicos tales como páginas web, redes sociales, aplicaciones móviles, blogs, tiendas virtuales y cualquier otro medio.

La pandemia del COVID 19 aceleró el auge de aplicaciones móviles de realidad aumentada, desde su uso en la educación hasta su implementación en áreas de las ciencias médicas y de ingeniería. La realidad aumentada consiste en la utilización de tecnologías que permiten a los usuarios visualizar elementos generados por ordenador dentro del espacio físico real a través de una cámara

y un software que sea capaz de procesar dicha información que se presenta en una pantalla.

La combinación del comercio electrónico con la realidad aumentada permite la apertura de nuevas oportunidades de negocios y crecimiento económico a las pequeñas, medianas y grandes empresas que lo implementen. Pero dicha combinación presenta ciertos desafíos, ya que existen una serie de parámetros y variables que deben ser evaluados, como por ejemplo que no todos los teléfonos inteligentes cuentan con las características y tecnologías necesarias para aplicar una experiencia de realidad aumentada. Otro factor a tener en cuenta son los objetos 3D que deben cumplir una serie de parámetros para ser implementados dentro de una experiencia de realidad aumentada.

Para ello se propuso el desarrollo, diseño y creación de modelos 3D que puedan ser utilizados dentro de una plataforma de comercio electrónico con funcionalidades y experiencia de realidad aumentada.

Para el diseño de los modelos 3D, se utilizó un software de modelado 3D como Blender usando la técnica de modelado poligonal que consiste en diseñar una malla compuesta por caras, aristas y vértices que dan forma a un modelo 3D.

También se aplicó la técnica de la fotogrametría que consiste en la generación de un modelo 3D a través del escaneo digital a partir de un conjunto de imágenes tomadas por una cámara del objeto a escanear.

Los modelos 3D obtenidos fueron implementados dentro de una aplicación móvil orientada al comercio electrónico con experiencia de realidad aumentada. Se realizaron pruebas para evaluar el rendimiento de renderizado de los modelos 3D a partir de la tasa de fotogramas por segundo en relación al número de caras o triángulos de la malla poligonal del modelo 3D.

Palabras clave: Modelado 3D, Fotogrametría, Comercio electrónico, Realidad aumentada, Covid-19

ABSTRACT

2020 was the year that a series of events took place that completely changed the way of life of society, including the Covid-19 pandemic that began in Wuhan, China. This triggered a series of events that ceased human activity on the planet, resulting in an economic catastrophe.

During the course of the pandemic, the health authorities of the entire planet proposed as a measure to contain contagions to apply closures and quarantines throughout the planet to avoid a sanitary collapse in hospitals. Due to the measures taken, the trade of small and medium-sized companies was seriously affected by the current health emergency, leading to the bankruptcy and closure of many of them.

However, many other companies grew with the current health crisis by having some means of electronic commerce. These companies were able to adapt to the rapid change in the social and economic paradigm generated by the pandemic, obtaining great profits in their businesses.

One of the pillars of the fourth industrial revolution proclaimed by the World Economic Forum is the digitization of socio-economic activities, electronic commerce is a fundamental pillar within the digitization of the economy.

Electronic commerce consists of carrying out transactions for the purchase and sale of goods, products and services through the use of electronic means such as web pages, social networks, mobile applications, blogs, virtual stores and any other means.

The COVID 19 pandemic has stimulated the development of mobile applications in augmented reality, from educational applications to medical and engineering applications. Augmented reality consists of the use of technologies that allow users to view computer-generated elements within the real physical space through a camera and software that is capable of processing said information that is presented on a screen.

The combination of electronic commerce with augmented reality allows the opening of new business opportunities and economic growth to small, medium

and large companies that implement it. But this combination presents certain challenges, since there are a series of parameters and variables that must be evaluated, such as that not all smartphones have the characteristics and technologies necessary to apply an augmented reality experience. Another factor to take into account is the 3D objects that must meet a series of parameters to be implemented within an augmented reality experience.

For this, the development, design and creation of 3D models that can be used within an electronic commerce platform with augmented reality functionalities and experience was proposed.

For the design of the 3D models, a 3D modeling software such as Blender was used using the polygonal modeling technique that consists of designing a mesh composed of faces, edges and vertices that shape a 3D model.

The photogrammetry technique was also applied, which consists of the generation of a 3D model through digital scanning from a set of images taken by a camera of the object to be scanned.

The 3D models obtained were implemented within a mobile application oriented to electronic commerce with an augmented reality experience. Tests were carried out to evaluate the rendering performance of the 3D models from the rate of frames per second in relation to the number of faces or triangles of the polygonal mesh of the 3D model.

Keywords: 3D modeling, Photogrammetry, E-commerce, Augmented reality, Covid-19.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN.....	13
1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS	
15	
1.1. Ámbito de Aplicación: descripción del contexto y hechos de interés ...	15
1.2. Establecimiento de requerimientos	16
1.3. Justificación de requerimiento a satisfacer.....	17
2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	18
2.1. Definición del prototipo tecnológico	18
2.2. Fundamentación teórica del prototipo.	20
2.2.1. Modelado 3D	20
2.3. Metodología.....	27
2.4. Objetivos del prototipo	30
2.4.1. Objetivo General	30
2.4.2. Objetivo Específicos	30
2.5. Diseño del prototipo	31
2.5.1. Requisitos	31
2.5.2. Modelado de objetos 3D en Blender 2.93.1	32
2.5.3. Fotogrametría con la app Qlone	39
2.5.4. Fotogrametría con la herramienta Agisoft Metashape.....	42
2.6. Ejecución y/o ensamblaje del prototipo	49
3. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	52

3.1. Plan de evaluación	52
3.1.1. Prueba de eficiencia de renderizado	52
3.2. Resultado de evaluación	55
3.2.1. Resultado de la prueba de eficiencia de renderizado.....	55
3.3. Conclusiones	56
3.4. Recomendaciones	57
4. BIBLIOGRAFÍA.....	58
5. ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arquitectura de la plataforma E-commerce con AR, en el recuadro azul es la parte a realizar del proyecto.....	19
Figura 2: Proceso del modelado 3D	19
Figura 3: Proceso de la generación de modelos 3D a través de la fotogrametría	20
Figura 4: Mapa mental de la Fundamentación Teórica del Prototipo	20
Figura 5: Página de inicio de Blender 2.93.1	21
Figura 6: Interfaz principal de Agisoft Metashape	23
Figura 7: Interfaz de la App Qlone	23
Figura 8: Arquitectura de un procesador Intel Core de 11ava generación Tiger Lake H	24
Figura 9: Arquitectura Ampere de las GPU de NVIDIA	25
Figura 10: Elementos de una malla poligonal	27
Figura 11: Metodología de modelado poligonal	29
Figura 12: Metodología de fotogrametría con la app Qlone	29
Figura 13: Metodología de fotogrametría con la herramienta Agisoft Metashape	30
Figura 14: Elaboración del conjunto de imágenes de referencia según el objeto a modelar	32
Figura 15: Importación de las imágenes de referencia en Blender	33
Figura 16: Colocación de la imagen de referencia en el plano tridimensional ...	33
Figura 17: Inserción de un objeto primitivo en el plano	34
Figura 18: Posicionamiento del molde junto con la imagen de referencia	34
Figura 19: Estructura base del objeto a modelar	35
Figura 20: Aplicación del modificador de espejo	35
Figura 21: Malla poligonal resultante.....	36
Figura 22: Aplicación del modificador de subdivisión	36
Figura 23: Obtención y organización de las texturas a aplicar	37
Figura 24: Creación de materiales y aplicación de texturas	37
Figura 25: Inserción de luminarias y cámaras en el plano tridimensional.....	38
Figura 26: Cuadro de diálogo de exportar de Blender	38

Figura 27: Imagen izquierda el objeto real, imagen derecha objeto modelado en 3D	39
Figura 28: Objeto a escanear con la app Qlone	39
Figura 29: Interfaz principal de la App Qlone	40
Figura 30: Escaneo en forma circular del objeto	40
Figura 31: Procesamiento del modelo generado por la fotogrametría	41
Figura 32: Exportación del modelo 3D resultante	41
Figura 33: Corrección de vértices en Blender	42
Figura 34: Fotografías del objeto a escanear	42
Figura 35: Agregación del conjunto de fotografías al panel inferior de Agisoft Metashape	43
Figura 36: Proceso de alineación y reconstrucción del escenario del objeto	43
Figura 37: Limpieza de puntos del escenario 3D	44
Figura 38: Proceso de construcción del Dense Cloud del objeto 3D	44
Figura 39: Uso de la GPU NVIDIA RTX 2060 durante la construcción de la nube densa del objeto.....	45
Figura 40: Uso de la CPU al 100% en la construcción de los mapas de profundidad de la nube densa	46
Figura 41: Proceso de generación de la malla poligonal del objeto	46
Figura 42: Uso excesivo de la CPU y consumo elevado de la memoria RAM durante la generación de la malla poligonal.....	47
Figura 43: Resultado de la construcción de la malla poligonal	47
Figura 44: Resultado de la limpieza de la malla poligonal	47
Figura 45: Proceso de generación de las texturas del objeto 3D	48
Figura 46: Exportación del objeto 3D en formato FBX	48
Figura 47: Corrección y limpieza de vértices en Blender	49
Figura 48: Subida del modelo 3D en un gestor de contenidos de Realidad Aumentada	49
Figura 49: Publicación del producto junto con el enlace del modelo 3D subido en Vectary	50
Figura 50: Testeo de la aplicación desde el emulador de Android Studio	50
Figura 51: Vista del producto en un teléfono Android Realme 6 Pro	51

Figura 52: Experiencia de realidad aumentada con el modelo 3D diseñado desde cero.....	52
Figura 53: Gráfico de resultados de la tasa de FPS promedio	56
Figura 54: Silla de oficina color verde	63
Figura 55: Silla de oficina	63
Figura 56: Escritorio de madera en forma de L	64
Figura 57: Mesa circular	64
Figura 58: Parlante	64
Figura 59: Escritorio de madera sencillo	65
Figura 60: Sofá	65
Figura 61: Parlante en vertical	65
Figura 62: Juego de comedor con 6 sillas.....	66
Figura 63: Escaneo 3D de estatua con Agisoft Metashape	66
Figura 64: Escaneo 3D con la app Qlone	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas y desventajas del modelo poligonal	26
Tabla 2: Dispositivos usados para la evaluación de rendimiento	53
Tabla 3: Lectura de fps en un móvil Realme 6 Pro	53
Tabla 4: Lectura de fps en un móvil Samsung Galaxy A52	54
Tabla 5: Lectura de fps en un móvil Redmi Note 8	54
Tabla 6: Lectura de fps en un móvil OnePlus Nord	55
Tabla 7: Promedio de FPS por cada teléfono móvil	55

INTRODUCCIÓN

En 2020, la pandemia de Covid-19 desencadenó una serie de eventos que paralizaron las actividades humanas en todo el mundo, provocando un desastre económico que golpeó las billeteras de todos.

El comercio electrónico tuvo un enorme crecimiento durante el periodo de cuarentena y cierres permitiendo la comercialización de productos y servicios usando medios electrónicos.

La realidad aumentada ha crecido a un ritmo rápido durante el último año y medio, ya que se ha implementado en un número creciente de aplicaciones y servicios en línea, mejorando las experiencias e interacciones de los usuarios con el mundo digital.

Combinar la realidad aumentada con el comercio electrónico es un gran desafío debido a una serie de variables, como las tecnologías necesarias para implementar experiencias de realidad aumentada, ya que una gran cantidad de dispositivos carecen de estas tecnologías. Otro factor clave es el diseño, calidad, geometría y tamaño de las texturas de un modelo 3D. No todos los objetos 3D pueden ser implementados para una experiencia de realidad aumentada ya que existen algunos parámetros a seguir. Por ello se propone el desarrollo y creación de modelos 3D para ser implementados en una plataforma de comercio electrónico con funcionalidad de realidad aumentada.

Para conseguirlo, es necesario utilizar software de modelado 3D y aplicar técnicas de escaneo 3D como la fotogrametría. Para el modelado 3D se aplicarán técnicas de modelado poligonal, lo que implica la creación de una malla poligonal que modela el objeto 3D resultante. Se aplicarán materiales y texturas para darle al objeto 3D un aspecto realista.

Para la fotogrametría se utilizarán herramientas y aplicaciones de escaneo 3D para obtener un modelo 3D a través de una serie de imágenes capturadas por la cámara a un objeto físico. Una vez obtenidos los modelos 3D, se implementarán en una aplicación de comercio electrónico con capacidades de realidad aumentada.

Este documento está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: manifiesta la descripción del problema, la justificación y los requerimientos del prototipado.

Capítulo 2: base teórica del modelado 3D, diseño de prototipos, elaboración y pruebas de prototipos.

Capítulo 3: detalla los resultados de la implementación del prototipo, conclusiones y recomendaciones.

1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS

1.1. Ámbito de Aplicación: descripción del contexto y hechos de interés

Durante al año 2020, sucedieron una serie acontecimientos que marcaron un cambio radical en el modo de vivir de la sociedad actual, entre las cuales destaca la pandemia del Covid-19 que se originó en la ciudad de Wuhan, China [1]; esto originó una serie de sucesos que llevó a la paralización de las actividades económicas, sociales y políticas a nivel mundial dando como resultado un desastre sanitario y económico que afectaría la economía de las personas [2].

En el inicio de la pandemia, las autoridades gubernamentales y sanitarias tuvieron que tomar medidas muy drásticas para frenar el aumento de contagios y muertes por la enfermedad del Covid-19 [3] [4], esto llevó a que se paralizarán las actividades comerciales en la mayoría de países llevando al límite la economía de muchos autónomos, microempresarios y Pymes [5].

Debido a los confinamientos [6], muchos negocios cerraron sus locales por la falta de ingresos, la deuda y la pérdida de clientes. Esto llevó a que muchas personas optarán por otras alternativas, como el uso de aplicaciones de mensajería, redes sociales, foros en internet, blogs, páginas web, etc., para ofrecer sus productos y servicios con la finalidad de subsistir [7].

Las empresas que tenían un modelo de negocio basado en medios electrónicos antes de la pandemia, manejaron mejor la crisis económica derivada por el Covid-19 [8], y tuvieron una mejor recuperación que aquellas que no contaban con un medio de comercio electrónico, por tales motivos se ha propuesto diseñar modelos 3D para su implementación en proyectos de realidad aumentada enfocado a comercio electrónico.

El modelado 3D se utiliza para diversas áreas como por ejemplo los videojuegos, la cinematografía, animación, etc., en esta propuesta se lo utilizará en una aplicación de comercio electrónico que utiliza realidad aumentada.

Existen diversas herramientas y técnicas para modelar objetos, en este proyecto se utilizará para el modelado 3D el software Blender de código abierto para el diseño de los objetos 3D y la técnica de fotogrametría para la obtención de

modelos tridimensionales a través del escaneo fotográfico de objetos del mundo real.

El alcance de este trabajo de titulación es obtener un prototipo de modelos 3D para su implementación en una plataforma móvil de comercio electrónico aplicando realidad aumentada.

1.2. Establecimiento de requerimientos

Para el modelado 3D se requiere el uso de herramientas de cómputo que permitan la creación de objetos tridimensionales de forma manual o automática; el resultado final dependerá de la definición de algunos parámetros del objeto del mundo real que se requiere modelar como por ejemplo el tamaño, la densidad, la geometría, las texturas, etc.

Para el desarrollo de este proyecto se ha establecido la siguiente esquematización de requerimientos:

- Selección de las herramientas a utilizar para la creación de los modelos 3D, para el método manual se utilizará el software de diseño Blender; para el método automático se utilizará la técnica de fotogrametría.
- Capacitación de las herramientas a utilizar en la creación de los modelos 3D.
- Recolección de información en formato de imagen de los objetos a modelar mediante el método manual que servirá de guía para el proceso de modelado.
- Para la fotogrametría, la recolección de información se realizará utilizando un escaneo fotográfico en 360 grados para la generación del modelo 3D.
- Se utilizará el modelado poligonal en Blender para el diseño de los objetos 3D.
- Se aplicarán materiales y texturas al objeto 3D dependiendo de la calidad, resolución, y tamaño de las mismas.
- Los modelos 3D finales se subirán a una plataforma de creación de contenidos de realidad aumentada.
- Los modelos 3D creados serán utilizados para una aplicación móvil destinada al comercio electrónico.

1.3. Justificación de requerimiento a satisfacer

La aparición de la pandemia del COVID-19 trajo consigo una serie de eventos que marcaron un punto de inflexión en las actividades económicas y comerciales alrededor del planeta [9], llevando a una caída importante en las economías de las pequeñas y medianas empresas debido a los confinamientos y restricciones aplicadas por los distintos gobiernos para intentar frenar la ola de contagios [10].

Debido a los confinamientos, muchos negocios se vieron forzados a buscar alternativas con la finalidad de subsistir y no cerrar sus actividades comerciales; una de estas alternativas que más creció durante la pandemia fue la del comercio electrónico, en la que su base es la utilización de medios electrónicos para la realización de transacciones económicas de productos y servicios [11].

La crisis sanitaria del Covid-19 también ha generado una creciente aceleración a la digitalización por parte de la población en general, la educación en línea, el teletrabajo y la apertura de servicios en internet, abren un nuevo marco de posibilidades de crecimiento económico utilizando las nuevas tecnologías emergentes [12].

Una de las tecnologías emergentes que más crecimiento ha tenido durante el 2020 es la realidad aumentada, es una tecnología que se utiliza para superponer elementos virtuales 2D o 3D dentro del espacio físico real mediante dispositivos electrónicos [13].

La combinación de la realidad aumentada más el comercio electrónico abre una serie de posibilidades de crecimiento económico, ya que permite mejorar la experiencia de usuario de plataformas e-commerce utilizando las tecnologías ya existentes dentro de los teléfonos inteligentes [14].

Lo que se busca con la aplicación de la realidad aumentada es que se fomente el uso del comercio electrónico para mejorar la experiencia del usuario y tenga la comodidad de ver sus productos favoritos desde su dispositivo móvil.

Por ello, el prototipo a desarrollarse servirá para su implementación dentro de una plataforma móvil de comercio electrónico aplicando la realidad aumentada

para una mejor experiencia interactiva de los usuarios en la visualización de productos.

2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1. Definición del prototipo tecnológico

El comercio electrónico, también llamado e-commerce, es un modelo económico que utiliza medios electrónicos para la compra y venta de productos o servicios; es usado por los usuarios a través de redes informáticas e Internet mediante páginas web, tiendas en línea, redes sociales, aplicaciones móviles o cualquier otro medio digital [15]. Los clientes pueden acceder a una enorme diversidad de catálogos de marcas, productos o servicios mediante la red virtual en cualquier momento y desde cualquier ubicación [16].

La realidad aumentada es la agrupación de tecnologías que permiten la visualización del espacio físico real junto con elementos gráficos virtuales mediante un dispositivo tecnológico [17]. Para el uso de la RA el dispositivo puede ser un ordenador, teléfono móvil, o gafas inteligentes que cuenten con una cámara con los sensores necesarios para capturar la información del mundo real, procesarla y mediante un software agregar y mezclar información visual generada por ordenador y combinarla con la ya existente en tiempo real [18].

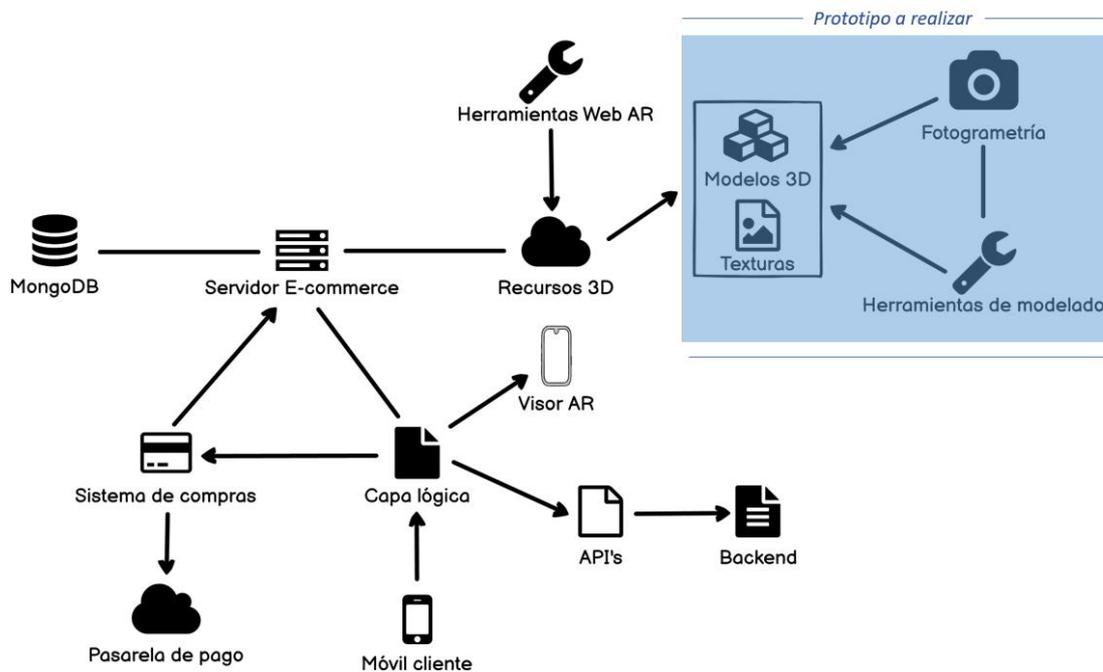
El modelado 3d es el procedimiento de creación de una imagen matemática de un objeto tridimensional mediante la utilización de un software de gráficos 3D, al resultado final se le conoce como modelo 3D [19] [20]. El proceso de modelado puede ser llevado a cabo de forma manual y automática, para el procedimiento manual se utilizará la herramienta de software Blender, mientras la automática se usará la técnica de fotogrametría.

El proceso manual implica la preparación de la información geométrica del objeto 3D a modelar, esto incluye los atributos físicos del objeto como el tamaño y las texturas, este procedimiento es similar al realizado en la escultura y artes plásticas [21].

La técnica de la fotogrametría consiste en la obtención lo más fiel posible de la información de las propiedades de un objeto físico a través de procesos de

medición, captura, grabación e interpretación de imágenes fotográficas; mediante la utilización de software especializado en técnicas de fotogrametría se puede obtener como resultado un modelo 3D [22] [23]. Los modelos 3D obtenidos serán implementados dentro de una plataforma de comercio electrónico con realidad aumentada.

Figura 1: Arquitectura de la plataforma E-commerce con AR, en el recuadro azul es la parte a realizar del proyecto.



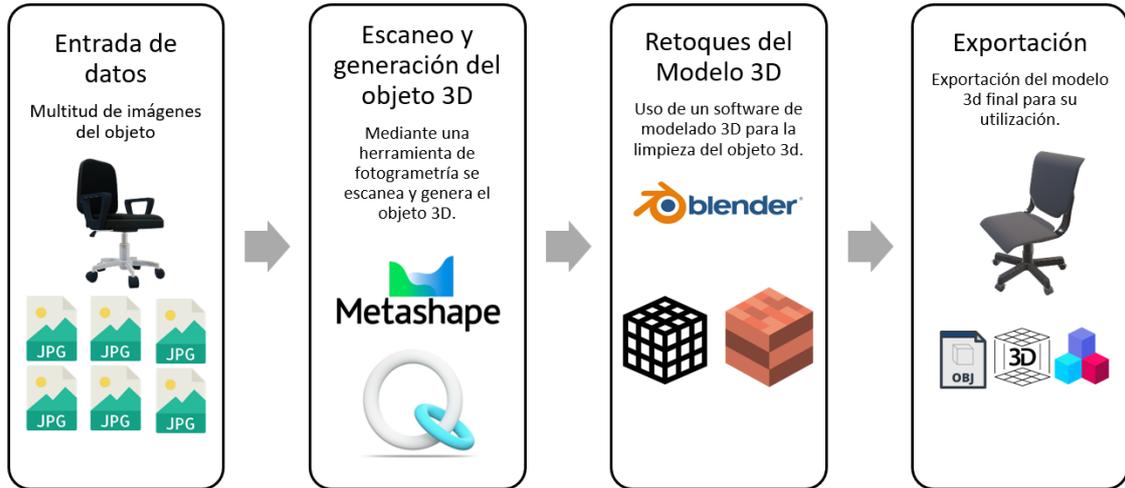
Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Proceso del modelado 3D



Fuente: Elaboración propia

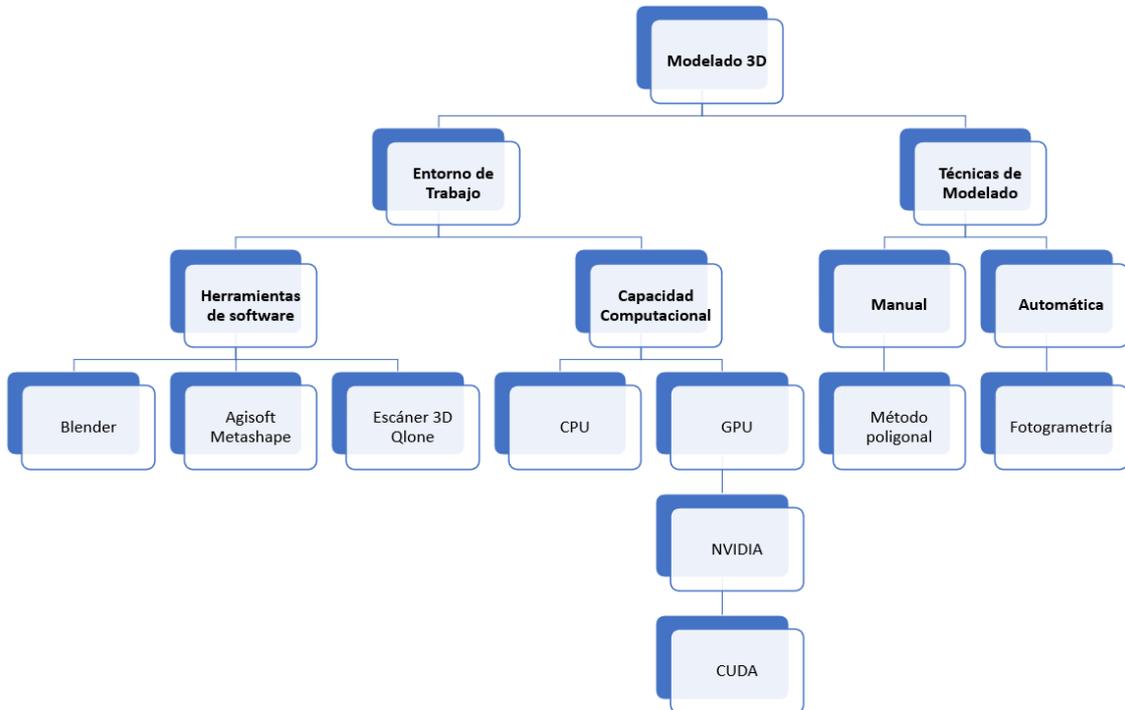
Figura 3: Proceso de la generación de modelos 3D a través de la fotogrametría



Fuente: Elaboración propia

2.2. Fundamentación teórica del prototipo.

Figura 4: Mapa mental de la Fundamentación Teórica del Prototipo



Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Modelado 3D

El modelado 3D es el proceso llevado a cabo mediante herramientas digitales para la creación de objetos 3D mediante técnicas manuales o automáticas [24].

Un modelo 3D es una representación tridimensional que utiliza un conjunto de puntos en un espacio tridimensional, conectados por entidades geométricas como polígonos, curvas, líneas, etc. [25]

2.2.1.1. Entorno de Trabajo

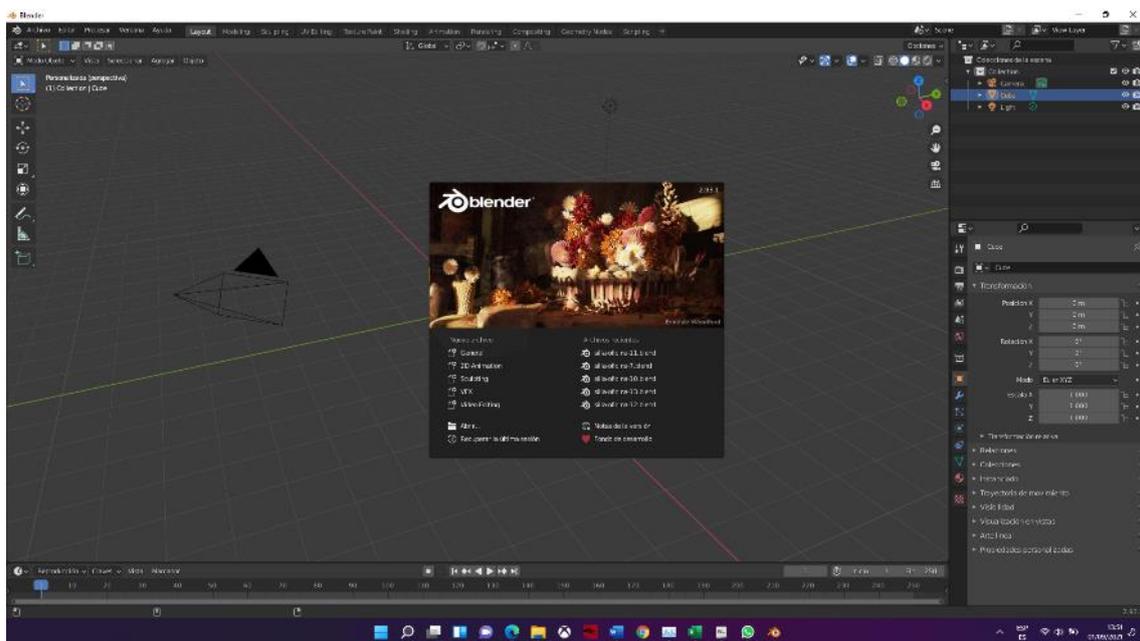
2.2.1.1.1. Herramientas de Software

2.2.1.1.1.1. Blender

Blender es un software multiplataforma de modelado y animación 3D de código abierto y licencia GPL, es utilizado para la creación de visualizaciones 3D, imágenes fijas, animaciones, tomas VFX y edición de video [26].

Una de las ventajas de Blender, comparado con otro software de modelado 3D, son sus requisitos de hardware relativamente pequeños, utiliza la API OpenGL ofreciendo una experiencia sólida en todas las plataformas que sean compatibles [26].

Figura 5: Página de inicio de Blender 2.93.1



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.1.1.2. Agisoft Metashape

Agisoft Metashape es un software de procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y generación de objetos 3D para su utilización en aplicaciones de

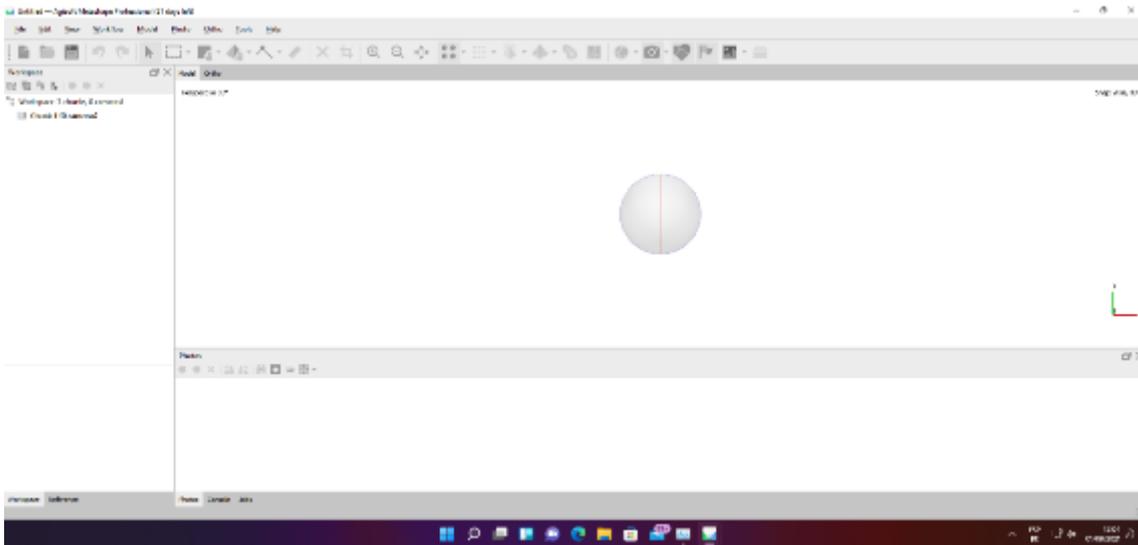
Sistemas de Información Geográfica conocidos como SIG, además permite mediciones indirectas de objetos de diversas escalas [27].

La edición profesional cuenta con las siguientes características [27]:

- Triangulación fotogramétrica.
- Clasificación y editor de nube de puntos densa.
- Modelo digital de elevación.
- Generación ortomosaica georreferenciada.
- Registro de escaneo láser terrestre (TLS).
- Puntos de control de tierra / soporte de barra de escala.
- Instrumentales integrados para la medición de distancias, áreas y volúmenes.
- Mediciones estereoscópicas.
- Modelado 3D: generación y texturizado.
- Generación de modelos jerárquicos en mosaico.
- Modelado 4D para escenas dinámicas.
- Costuras panorámicas.
- Procesamiento de imágenes multiespectrales.
- Detección automática de líneas eléctricas.
- Procesamiento de imágenes satelitales.
- API de Python y Java.
- Procesamiento de red.
- Procesamiento en la nube.

La versión estándar de Agisoft Metashape cuesta \$179 y la versión pro cuesta \$3499.

Figura 6: Interfaz principal de Agisoft Metashape

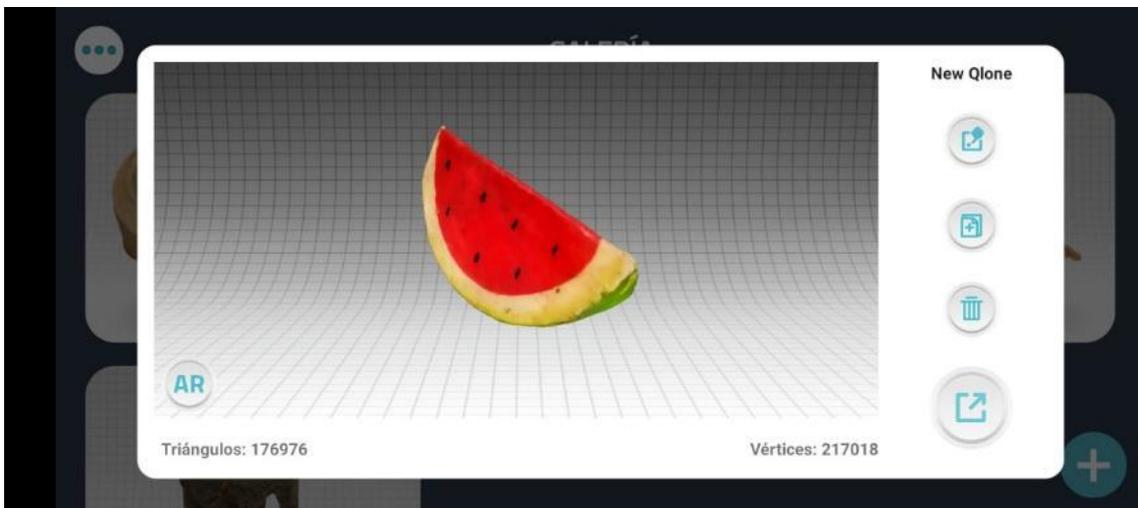


Fuente: Elaboración propia

2.2.1.1.1.3. Escáner 3D Qlone

Es una aplicación que permite el escaneo 3D en tiempo real de un objeto físico mediante un dispositivo móvil IOS o Android. En su versión premium incluye un visor de realidad aumentada, permite la edición de texturas, limpieza, modificación de tamaño del modelo 3D, exportaciones a una gran variedad de formatos y compartir mediante vídeo a una gran variedad de redes sociales [28].

Figura 7: Interfaz de la App Qlone



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.1.2. Capacidad computacional

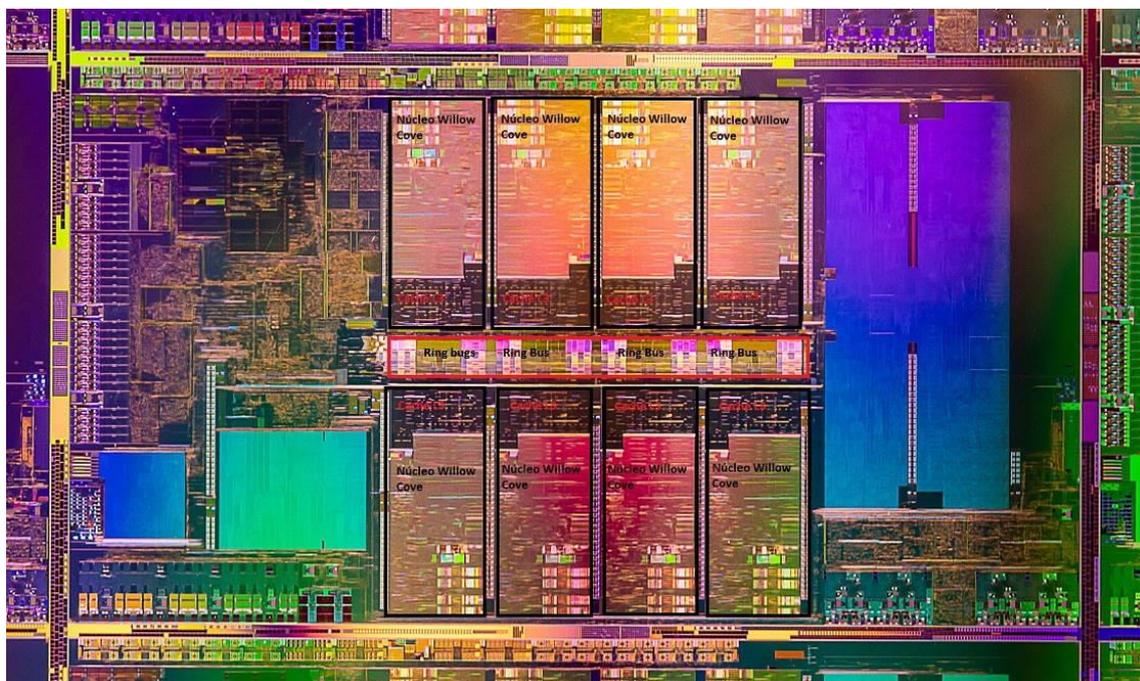
2.2.1.1.2.1. CPU

La unidad central de proceso (CPU) es la que se encarga de interpretar las instrucciones generadas por un algoritmo informático por medio de la ejecución de operaciones lógicas, aritméticas y de control. El CPU recibe datos de cualquier dispositivo de entrada y se encarga de procesar esos datos para que se conviertan en información útil que luego será presentada en cualquier dispositivo de salida [29].

El CPU está compuesto de tres partes principalmente [29]:

- Unidad de control.
- Unidad aritmética Lógica (ALU).
- Unidad de memoria o registros.

Figura 8: Arquitectura de un procesador Intel Core de 11ava generación Tiger Lake H



Fuente: [30]

2.2.1.1.2.2. GPU

También conocido como unidad de procesamiento gráfico, es un procesador dedicado a la aceleración de tareas específicas de renderizado 3D. Las GPU a diferencia de las CPU están compuestas de muchos núcleos pequeños que al

trabajar en conjunto de forma paralela ofrecen un enorme desempeño en una tarea de procesamiento específica [31].

Figura 9: Arquitectura Ampere de las GPU de NVIDIA



Fuente: [32]

2.2.1.1.2.2.1. NVIDIA

Es una empresa supranacional que se dedica a la investigación, desarrollo y comercialización de unidades de procesamiento gráfico (GPU) y tecnología de inteligencia artificial para equipos de sobremesa, portátiles, estaciones de trabajo, centro de datos, computación en la nube, robótica, entre otros [33].

2.2.1.1.2.2.2. CUDA

La Arquitectura de hardware de computación unificada (CUDA) es una plataforma paralela y un modelo de programación que utiliza la GPU para aumentar el rendimiento en tareas computacionales [34].

2.2.1.2. Técnicas de Modelado

2.2.1.2.1. Manual

2.2.1.2.1.1. Modelado poligonal

El modelado poligonal es el método más sencillo para la creación de objetos 3D, ya que no requiere de un conocimiento avanzado para obtener resultados

aceptables. Este proceso se aplica mediante una aproximación de las superficies del objeto a modelar usando mallas poligonales. El elemento más simple dentro de las mallas poligonales es el vértice. Dos vértices conectados por una línea recta forman una arista. Varias aristas conectadas forman una cara. La unión de varias caras forma un polígono. La conexión de varios polígonos mediante vértices se conoce como malla [35].

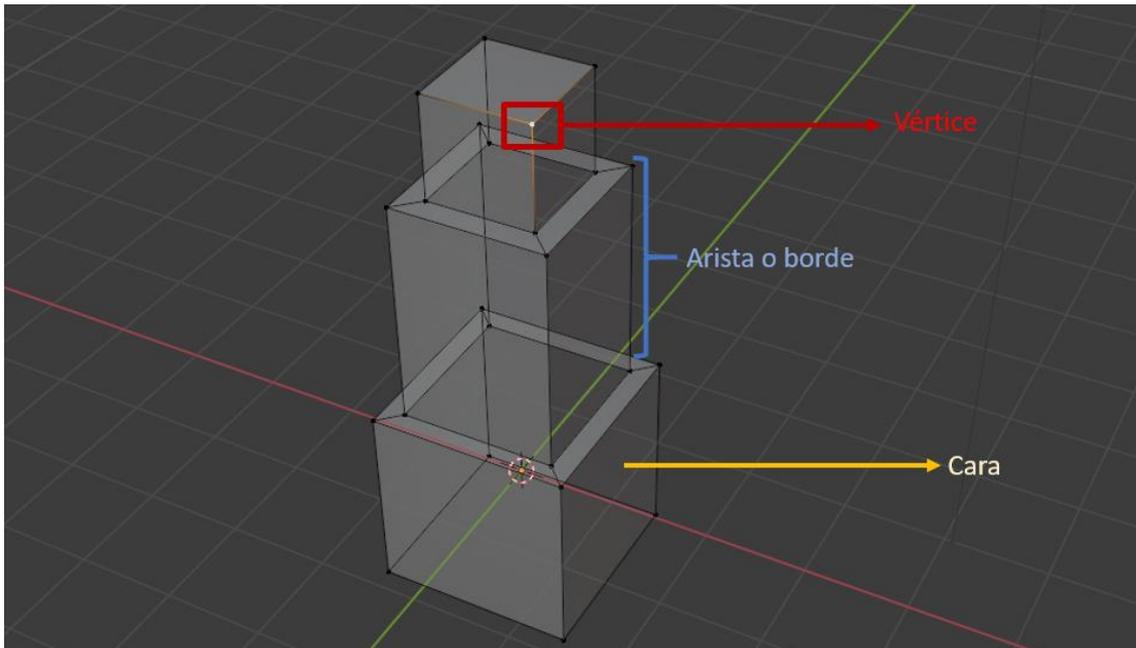
Tabla 1: Ventajas y desventajas del modelo poligonal

Ventajas	Desventajas
Debido a que el hardware moderno está optimizado para manejar polígonos, los modelos poligonales son las más fáciles de renderizar y visualizar.	La construcción de un modelo a partir de polígonos es muy imprecisa y puede introducir errores humanos en el modelado.
Permite a los diseñadores crear diseños de aspecto único y orgánico.	Los modelos poligonales no se sostienen en todas las resoluciones
Ya que los modelos poligonales se crean a partir de elementos más pequeños (polígonos y triángulos), se pueden deformar y animar de una manera más natural.	Este tipo de modelado consume una gran cantidad de tiempo, principalmente para diseños complicados.

Fuente: [35]

La forma más común de construir mallas poligonales es a través de una técnica conocida como box modeling o modelado de cajas, este proceso hace uso de una forma primitiva, que es un objeto predefinido como un cubo, esfera, cilindro, pirámide, etc., para la construcción de la forma base que luego servirá en el esculpido final del modelo 3D resultante [36].

Figura 10: Elementos de una malla poligonal



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2.2. Automática

2.2.1.2.2.1. Fotogrametría

Se puede definir a la fotogrametría como la técnica de reconstrucción 3D de un objeto a partir de un conjunto de imágenes tomadas desde distintos ángulos dando como resultado un modelo 3D [37].

2.3. Metodología

Tras analizar distintas herramientas y técnicas de modelado, se determinó usar Blender para realizar los modelos 3D de forma manual. Agisoft Metashape y la app Qlone para aplicar fotogrametría. El objetivo es obtener un modelo 3D de un producto, que luego será implementado en una plataforma de realidad aumentada para comercio electrónico.

La metodología se divide en dos partes, forma manual y automática. Para el procedimiento manual primero se elabora un conjunto de imágenes de referencia del objeto a modelar. Mediante un software de modelado 3D, se empieza a esculpir a través de una pieza primitiva (un cubo, esfera, cilindro, etc.) dando forma a una malla poligonal resultante.

Luego de obtener la malla poligonal, se corrigen algunos vértices, bordes o caras que tengan errores, después se realiza la aplicación de materiales y texturas al modelo.

Finalmente se agrega la iluminación y cámaras al modelo, luego se exporta en los formatos necesarios para su implementación dentro de la plataforma de realidad aumentada.

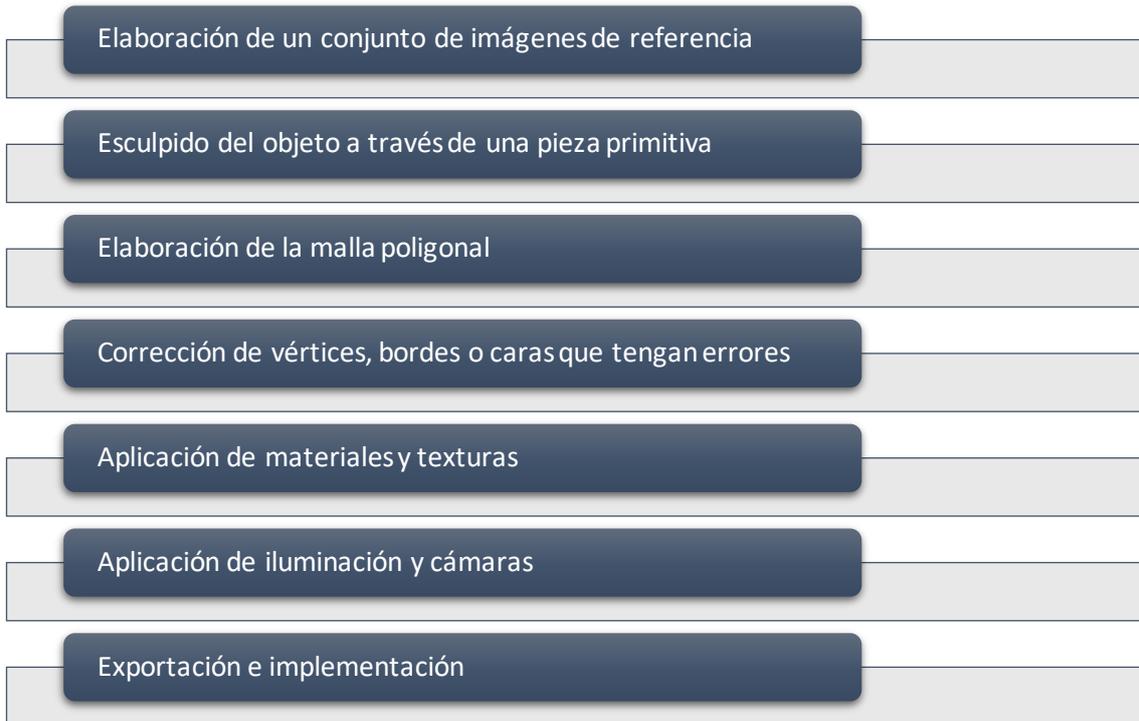
Para la fotogrametría, con la app Qlone mediante un mapa de puntos negros se coloca el objeto y con el teléfono móvil se escanea mediante una toma sucesiva de imágenes alrededor del mismo de forma circular y siguiendo el mapa de escaneo de la aplicación. Finalmente se obtiene el modelo 3D que puede ser exportado en distintos formatos.

Con la herramienta Agisoft Metashape se elabora un conjunto de imágenes del objeto tomadas desde distintos ángulos. Se agregan las imágenes y se descartan las fotografías que no estén precisas con el software.

Luego se alinean las imágenes para realizar un procesamiento previo, después se crea la malla 3D del modelo y se generan las texturas del objeto.

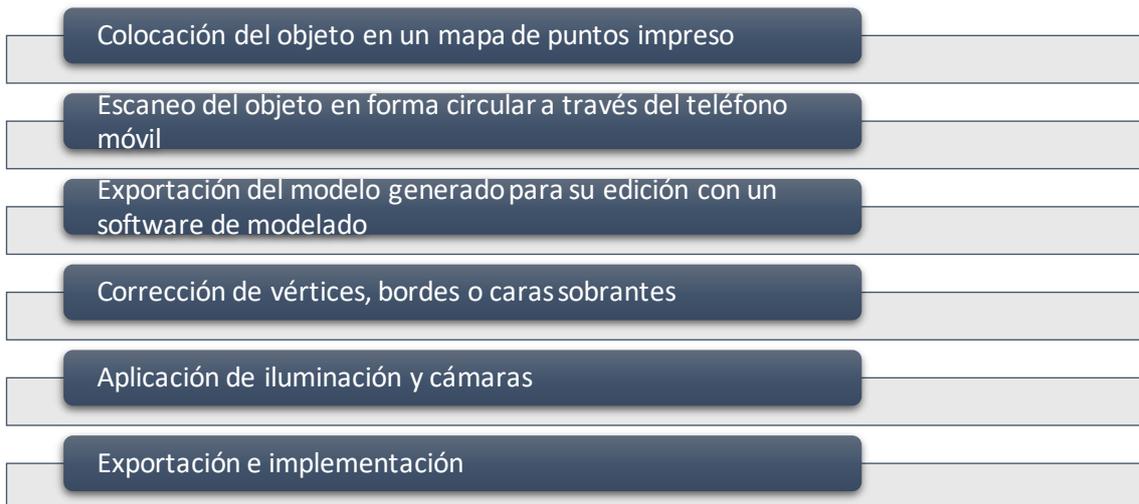
Se exporta el modelo en formato FBX para editarlo y realizar una limpieza de vértices innecesarios con otro software de modelado como Blender. Finalmente se exporta el modelo final para su aplicación en una plataforma de realidad aumentada.

Figura 11: Metodología de modelado poligonal



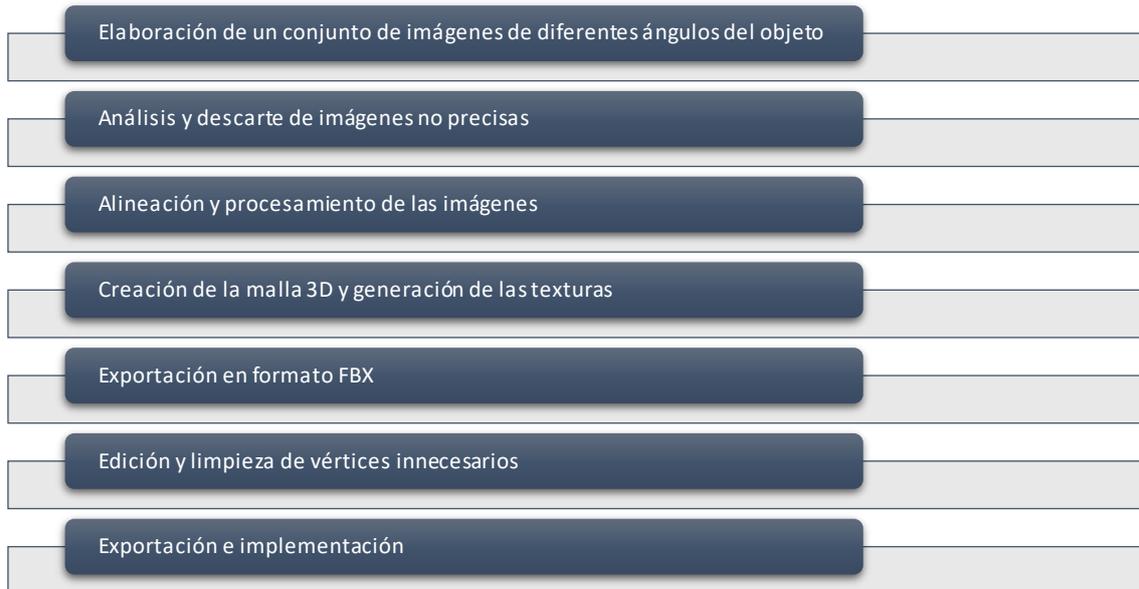
Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Metodología de fotogrametría con la app Qlone



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Metodología de fotogrametría con la herramienta Agisoft Metashape



Fuente: Elaboración propia

2.4. Objetivos del prototipo

2.4.1. Objetivo General

Construir modelos 3D para su implementación en una plataforma de comercio electrónico con funcionalidades de realidad aumentada usando el software de modelado Blender y la técnica de la fotogrametría.

2.4.2. Objetivo Específicos

- Revisar documentación sobre el funcionamiento y manejo de las herramientas de modelado Blender y fotogrametría Qlone y Agisoft Metashape.
- Diseñar modelos 3D utilizando la técnica de modelado poligonal mediante la herramienta Blender.
- Aplicar materiales y texturas a los modelos 3D en función de la calidad, resolución y tamaño de las mismas.
- Elaborar un conjunto de imágenes fotográficas del objeto físico para la aplicación de la fotogrametría con la herramienta Agisoft Metashape.
- Realizar un escaneo de 360 grados del objeto físico con la app Qlone mediante el uso de un teléfono móvil.
- Implementar los modelos 3D obtenidos en una aplicación de comercio electrónico con funcionalidad de realidad aumentada.

- Efectuar pruebas de eficiencia de renderizado para la evaluación de rendimiento de los modelos 3D en la experiencia de realidad aumentada.

2.5. Diseño del prototipo

El diseño del prototipo se lo dividió en tres partes: la primera se centra en el diseño de modelos 3D a través del método manual mediante el software Blender, la segunda consiste en la aplicación de la fotogrametría a través de la app Qlone y por último la aplicación de la fotogrametría mediante la herramienta Agisoft Metashape.

2.5.1. Requisitos

A continuación, se especifica los recursos a utilizar:

Computador portátil:

- Marca: MSI
- Procesador: CPU Comet Lake-H (6C/12T) Intel Core i7-10750H a 2.60 GHz frecuencia turbo máxima de 5 GHz.
- Memoria: 32 GB DDR4 a 2666 MHz
- Almacenamiento: 1 TB SSD Samsung 970 Evo
- Gráficos Integrados: Gráficos UHD Intel Core para procesadores Intel de 10ma Generación
- Gráficos Dedicados: NVIDIA GeForce RTX 2060 VRAM de 6 GB GDDR6
- Sistema Operativo: Windows 11 Enterprise de 64 bits

Teléfono móvil:

- Modelo: Realme 6 Pro
- Pantalla: 6,6 pulgadas resolución FullHD+
- Procesador: Snapdragon 720G
- Memoria: 8 GB
- Almacenamiento: 128 GB
- Cámaras traseras: principal de 64 MP, 8 MP ultra gran angular, telefoto 12 MP 54 mm f/2.5, 2 MP macro
- Cámaras delanteras: principal de 16 MP, 8 MP gran angular
- Batería: capacidad de 4.300 mAh
- Sistema Operativo: Realme UI con Android 11

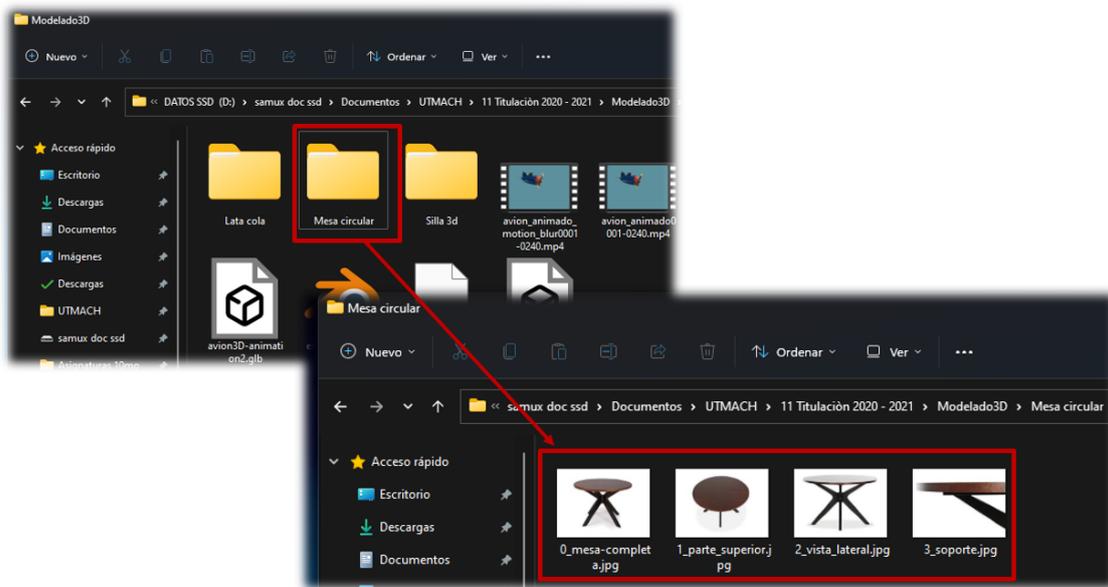
Software:

- Blender
- App Qlone
- Agisoft Metashape

2.5.2. Modelado de objetos 3D en Blender 2.93.1

Para el diseño de los modelos 3D se utilizó un par de imágenes que servirán de referencia del objeto a modelar (las fotografías fueron obtenidas de una cámara fotográfica, teléfono móvil y de Internet), luego se las clasifica en carpetas separadas.

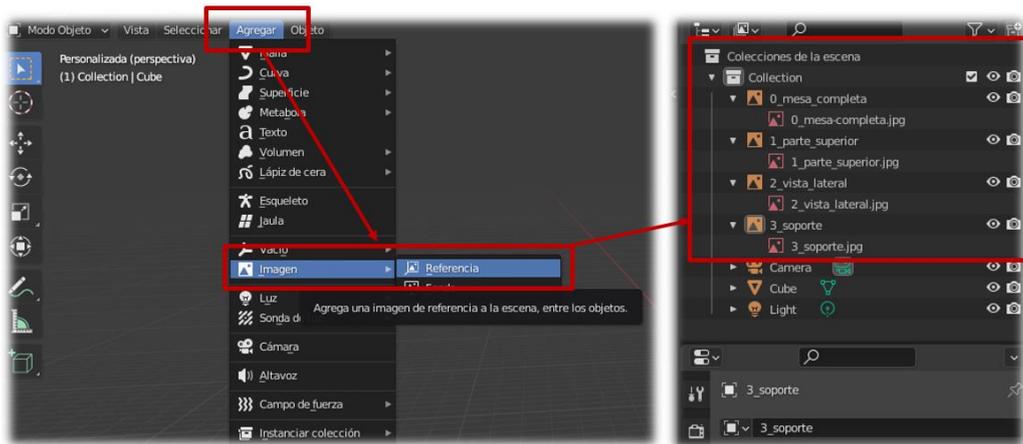
Figura 14: Elaboración del conjunto de imágenes de referencia según el objeto a modelar



Fuente: Elaboración propia

Luego en Blender se importan las imágenes de referencia, y se las ordena en la vista de colecciones.

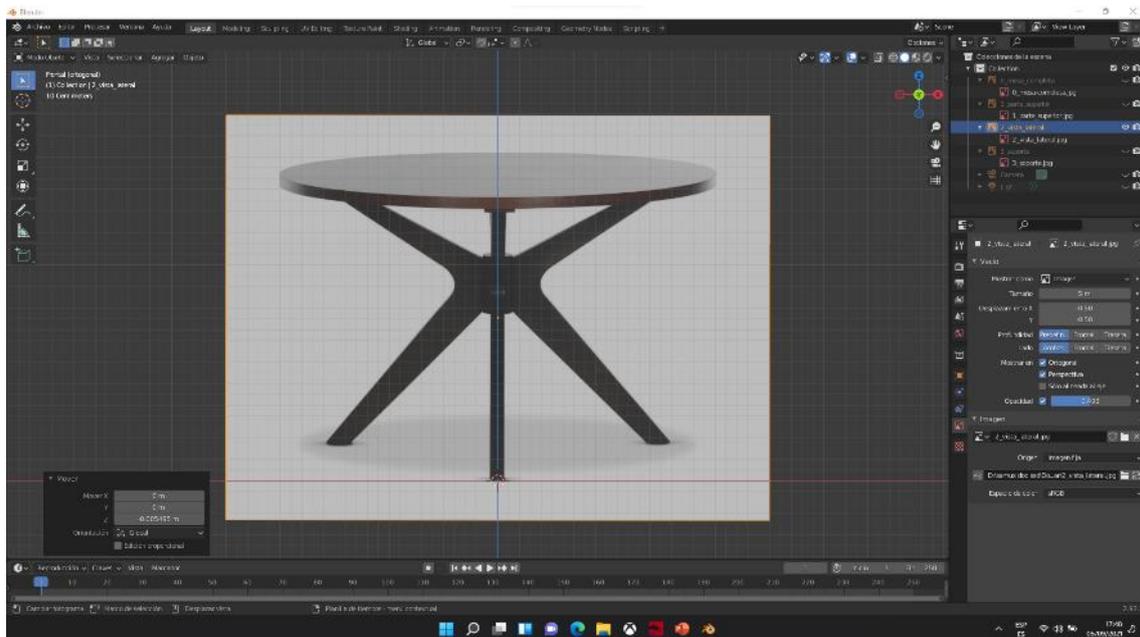
Figura 15: Importación de las imágenes de referencia en Blender



Fuente: Elaboración propia

Se eliminan los objetos predefinidos que incluye Blender al iniciar un nuevo proyecto, desde la vista de colecciones se selecciona únicamente la imagen que servirá de referencia para modelar una parte del objeto, y se rota la imagen en relación del eje Z y con vista de frente en el eje Y del plano tridimensional.

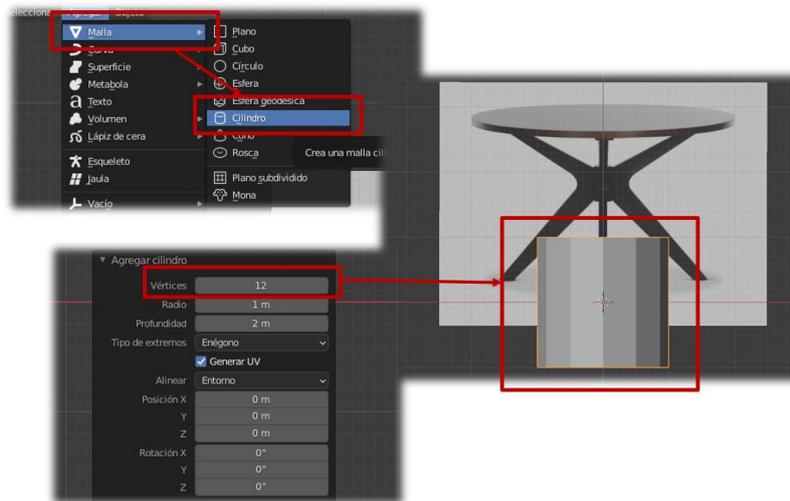
Figura 16: Colocación de la imagen de referencia en el plano tridimensional



Fuente: Elaboración propia

Se agrega un objeto primitivo que puede ser una esfera, cilindro, cubo, plano, círculo, etc., dependiendo el objeto a modelar se selecciona el número de vértices iniciales.

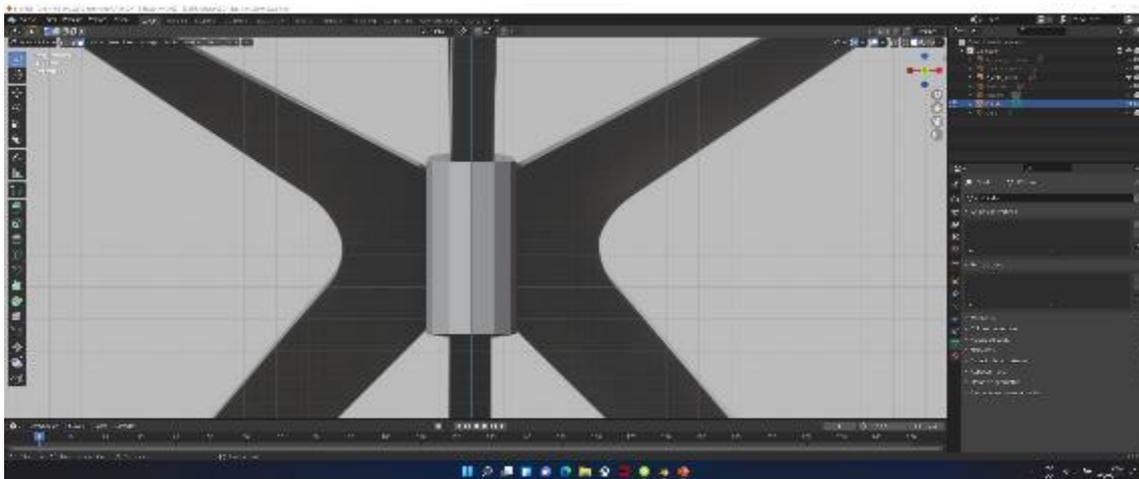
Figura 17: Inserción de un objeto primitivo en el plano



Fuente: Elaboración propia

Se posiciona y se escala el molde junto con la imagen de referencia, a partir de aquí se comienza a moldear el objeto mediante extrusión, biselado, cortes de bucle, escalado, inserción de caras, etc.

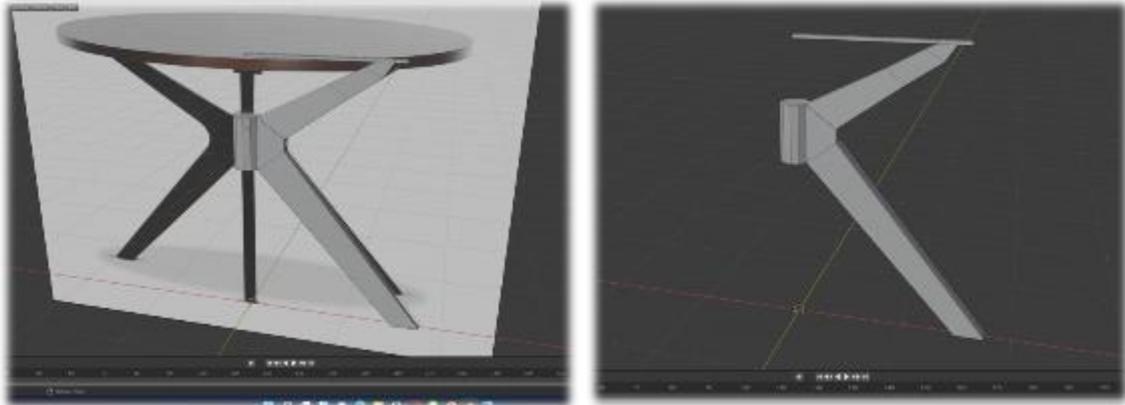
Figura 18: Posicionado del molde junto con la imagen de referencia



Fuente: Elaboración propia

Se realiza el esculpido del objeto por partes hasta obtener una estructura base.

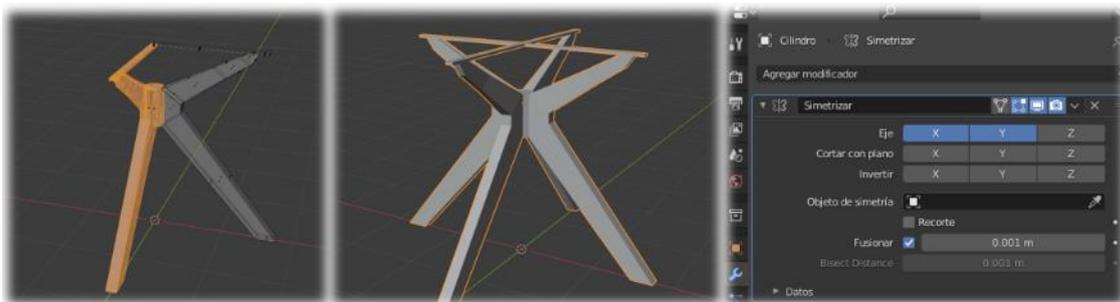
Figura 19: Estructura base del objeto a modelar



Fuente: Elaboración propia

Blender permite agregar modificadores, uno de ellos es el de espejo, que permite replicar un objeto en el eje contrario, en la figura 20 se aplica este modificador para obtener el soporte de una mesa.

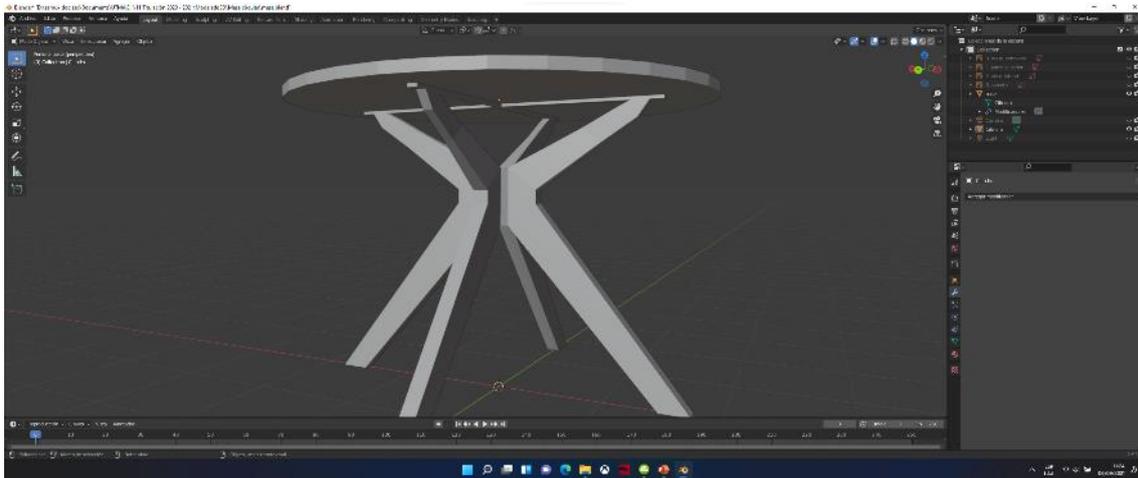
Figura 20: Aplicación del modificador de espejo



Fuente: Elaboración propia

Este proceso se lleva a cabo con el resto del objeto hasta obtener una estructura poligonal completa.

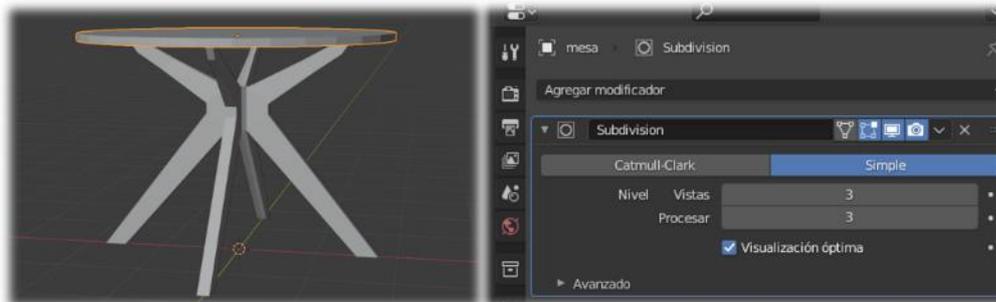
Figura 21: Malla poligonal resultante.



Fuente: Elaboración propia

Para mejorar la calidad de la malla poligonal, se puede aplicar un modificador de subdivisión para optimizar la visualización del objeto, entre más número de vistas mayor será el número de vértices, bordes y caras de la malla.

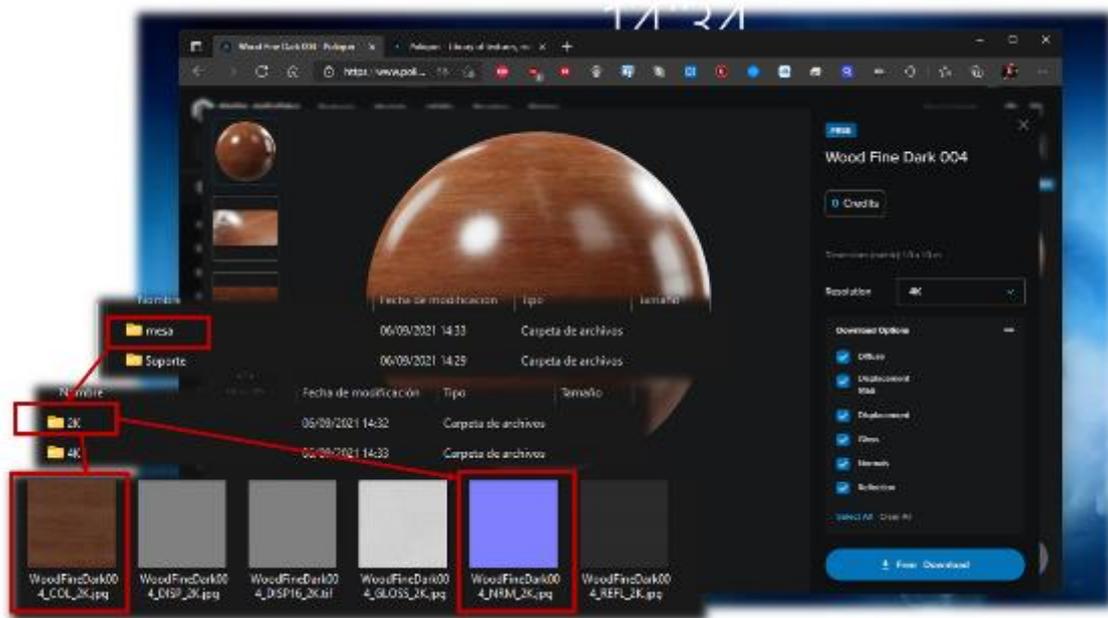
Figura 22: Aplicación del modificador de subdivisión



Fuente: Elaboración propia

Las texturas se pueden crear utilizando un software de edición de fotografías o, en la mayoría de los casos, se pueden obtener de herramientas en la web. En el proyecto, se utilizaron texturas de resolución 2K para equilibrar la buena definición de imagen y el tamaño más pequeño posible del modelo.

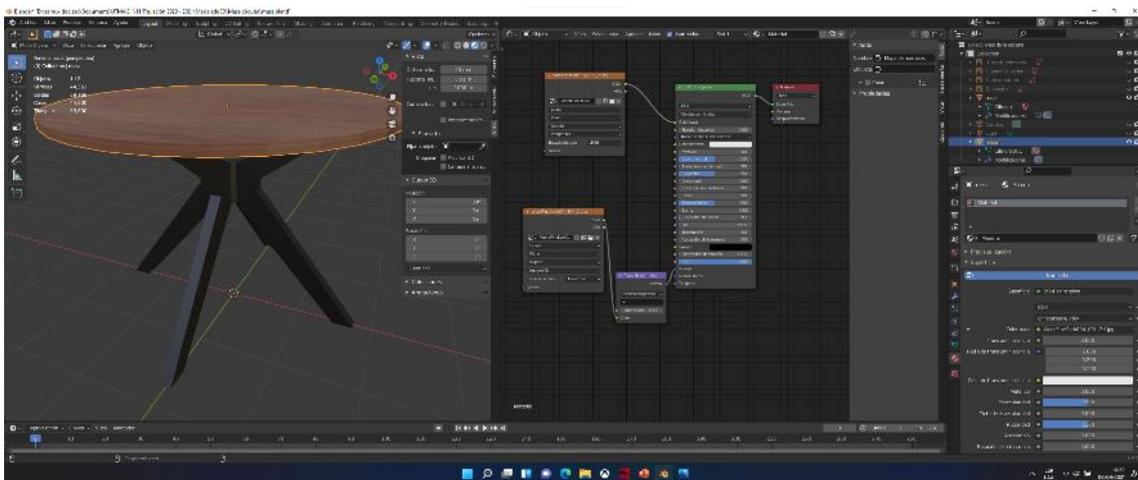
Figura 23: Obtención y organización de las texturas a aplicar



Fuente: Elaboración propia

Con el editor de sombreado de Blender, se crean los materiales en los que se aplican las texturas y mapa de normales en el modelo resultante.

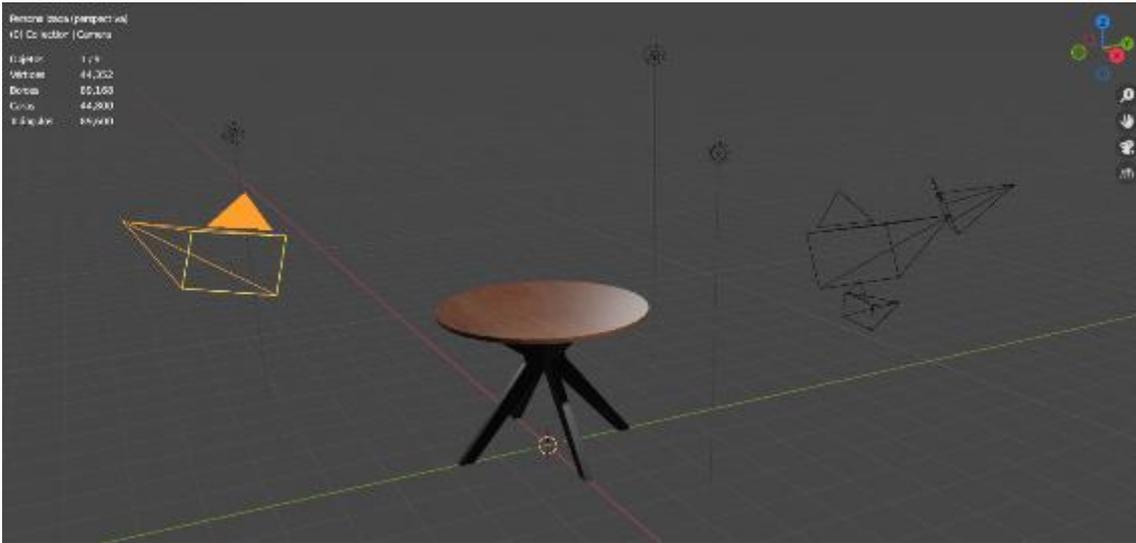
Figura 24: Creación de materiales y aplicación de texturas



Fuente: Elaboración propia

Se agregan luces para iluminar el modelo y cámaras para obtener imágenes renderizadas del objeto 3D.

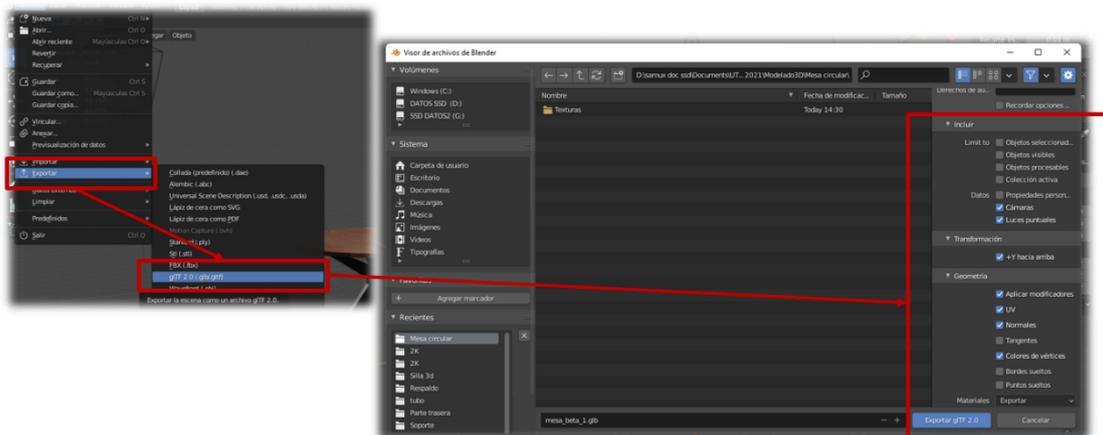
Figura 25: Inserción de luminarias y cámaras en el plano tridimensional



Fuente: Elaboración propia

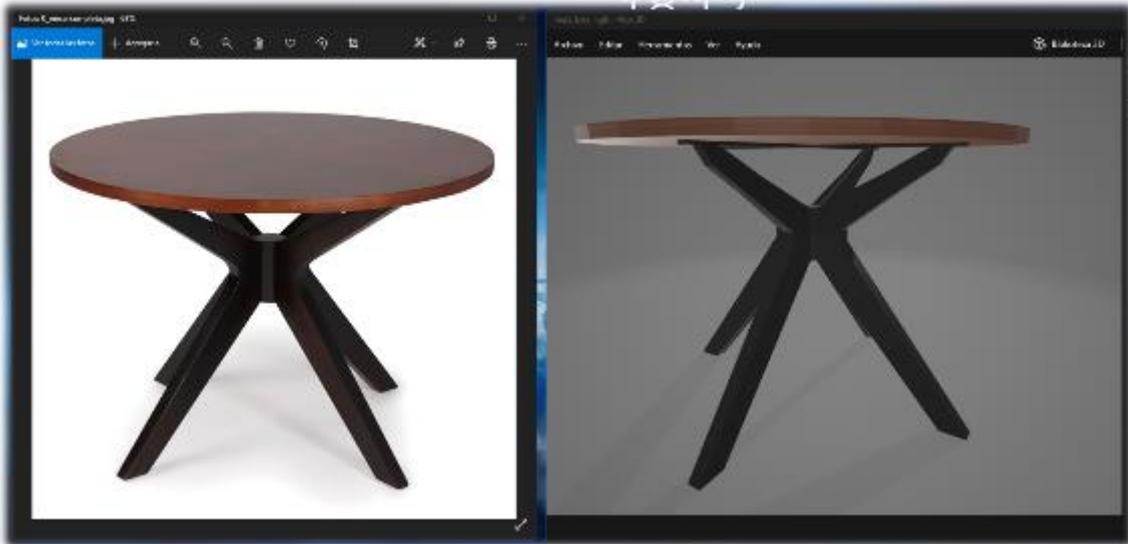
Finalmente se exporta el modelo 3D en formato glTF 2.0, en conjunto con las texturas, cámaras, modificadores, mapa UV, iluminación y normales.

Figura 26: Cuadro de diálogo de exportar de Blender



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Imagen izquierda el objeto real, imagen derecha objeto modelado en 3D

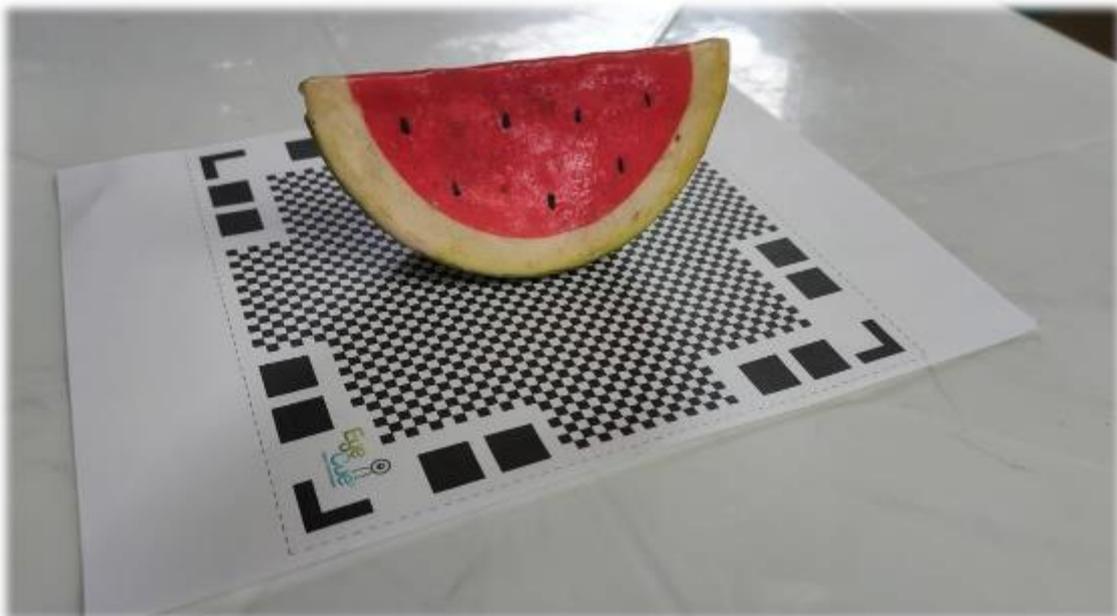


Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Fotogrametría con la app Qlone

Se imprime el mapa de puntos desde la aplicación, y se coloca el objeto a escanear dentro de este.

Figura 28: Objeto a escanear con la app Qlone



Fuente: Elaboración propia

En la app se da un toque en el botón con el símbolo en forma de cruz para proceder con el escaneo del objeto.

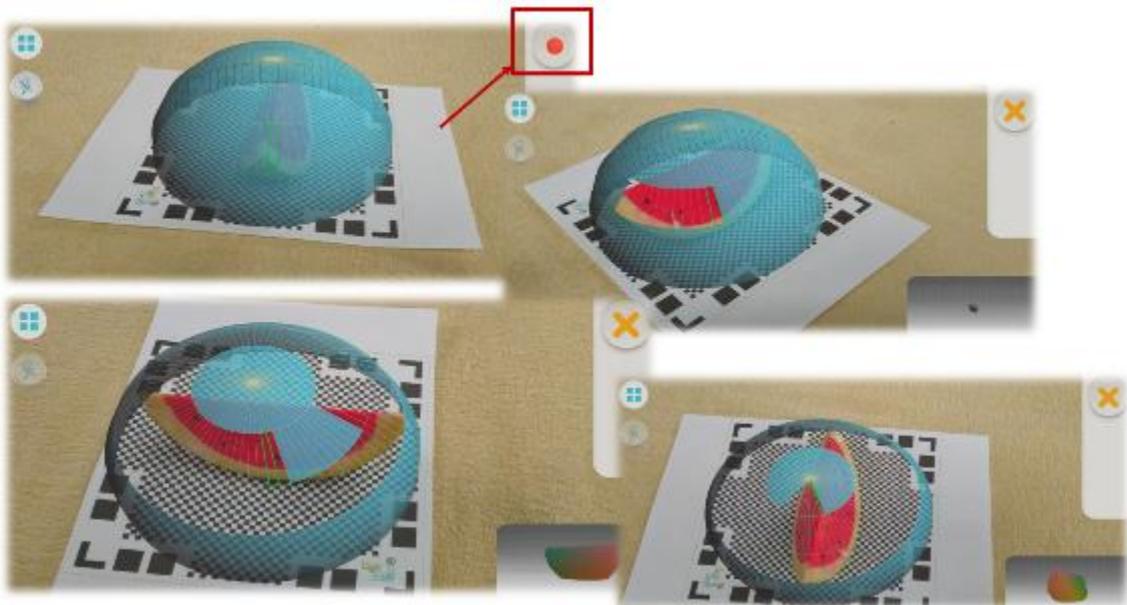
Figura 29: Interfaz principal de la App Qlone



Fuente: Elaboración propia

La aplicación genera una especie de domo de color celeste alrededor del objeto y en movimientos en forma circular con el teléfono móvil, se realiza el escaneo del objeto a través de la fotogrametría.

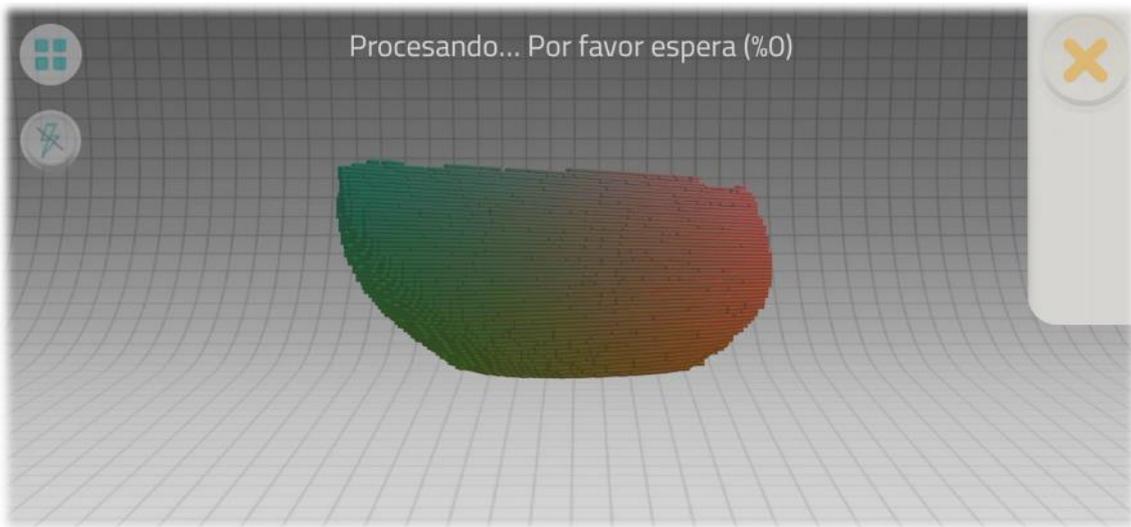
Figura 30: Escaneo en forma circular del objeto



Fuente: Elaboración propia

Terminado el proceso de escaneo, la aplicación realiza el procesamiento del modelo 3D generado por la fotogrametría.

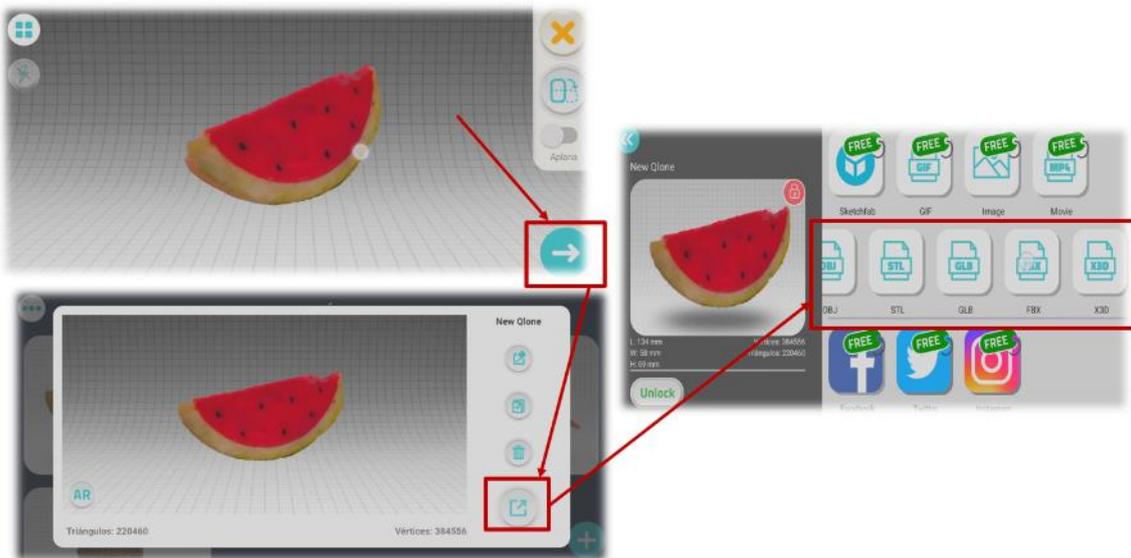
Figura 31: Procesamiento del modelo generado por la fotogrametría



Fuente: Elaboración propia

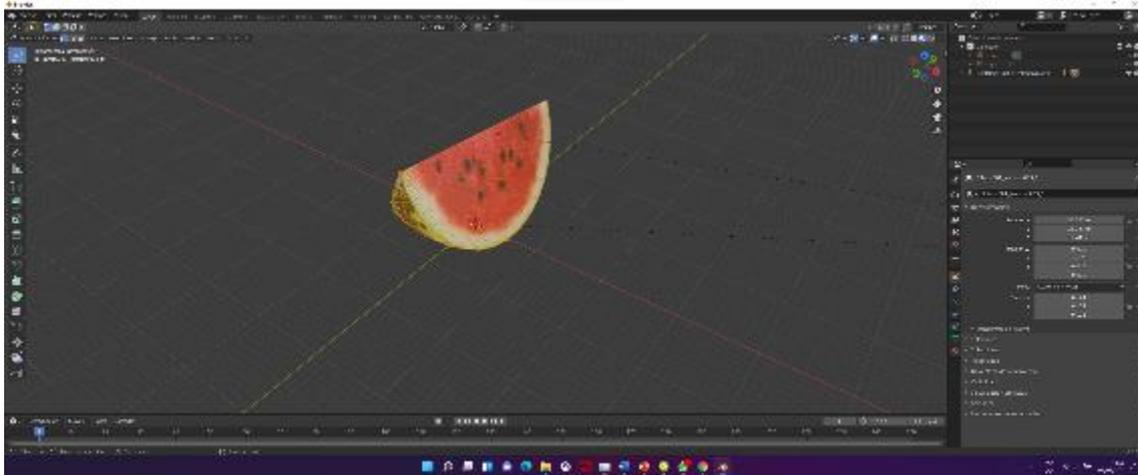
Después del procesamiento, se guarda y exporta el modelo resultante en formato FBX o GLB para realizar una limpieza y corrección de vértices en Blender, luego se vuelve a exportar el objeto 3D final para ser implementado en el proyecto.

Figura 32: Exportación del modelo 3D resultante



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Corrección de vértices en Blender

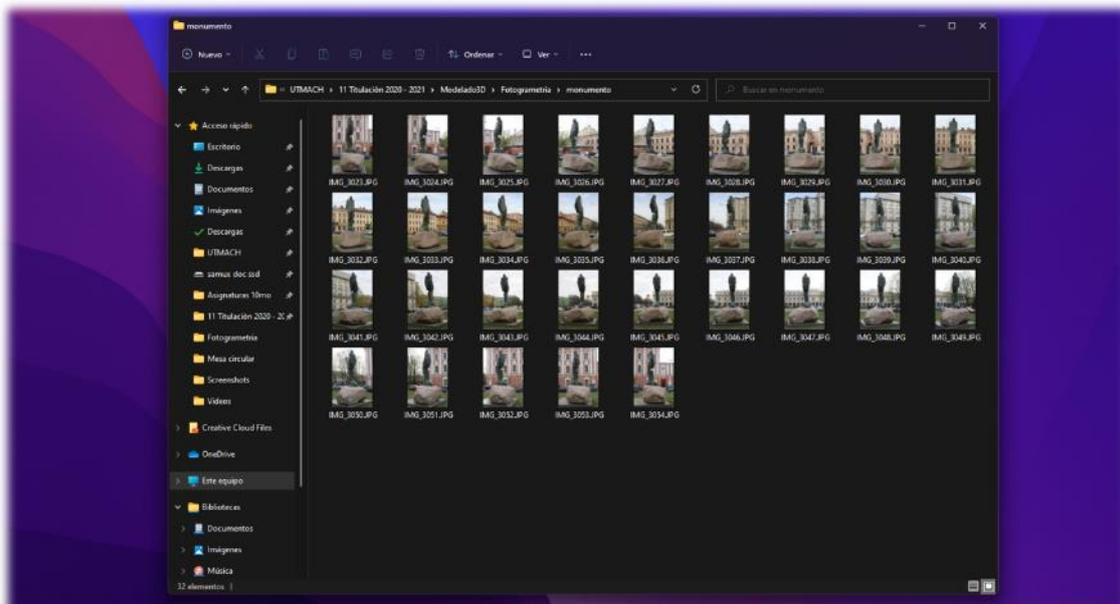


Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Fotogrametría con la herramienta Agisoft Metashape

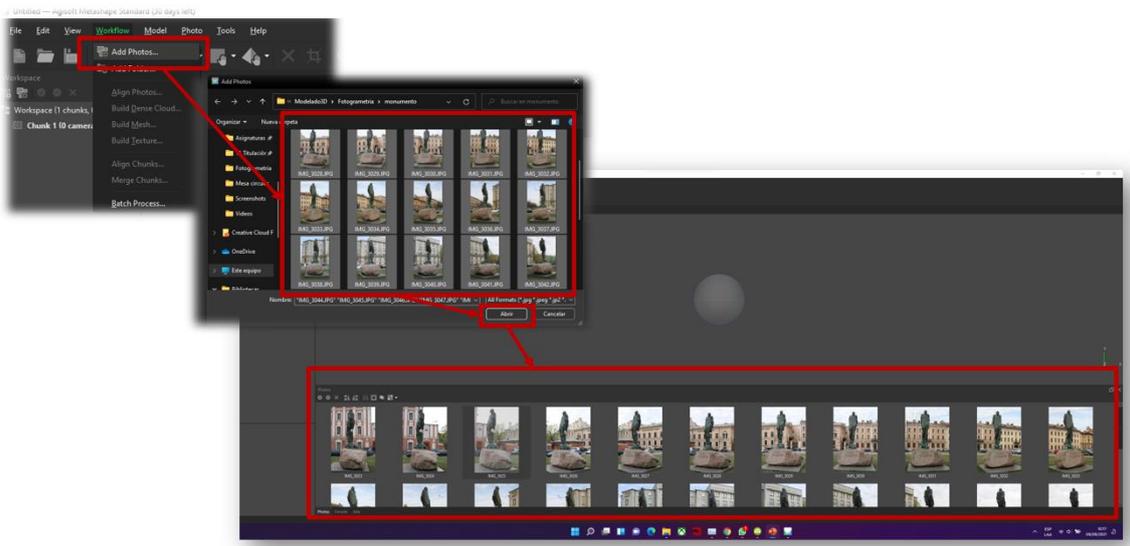
Se elabora el conjunto de imágenes a partir de una serie de tomas fotográficas alrededor del objeto, las fotografías deben tener una buena iluminación, no tener elementos que reflejen la luz y evitar las sombras lo máximo posible. Se agrega el conjunto de fotografías al panel de fotos de Agisoft Metashape.

Figura 34: Fotografías del objeto a escanear



Fuente: Elaboración propia

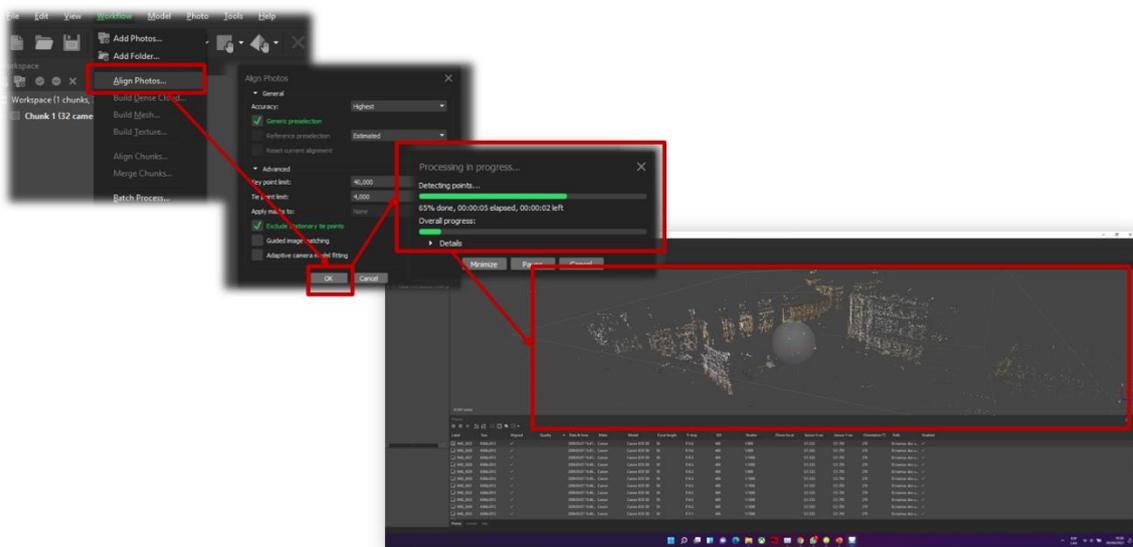
Figura 35: Agregación del conjunto de fotografías al panel inferior de Agisoft Metashape



Fuente: Elaboración propia

Desde el menú contextual "Workflow", haciendo clic en "Align Photos" se deja por defecto las opciones de alineación de las fotografías del conjunto de datos y se procede con el proceso de alineación. Una vez que termina el procedimiento se obtiene como resultado una reconstrucción en 360 grados del escenario del objeto.

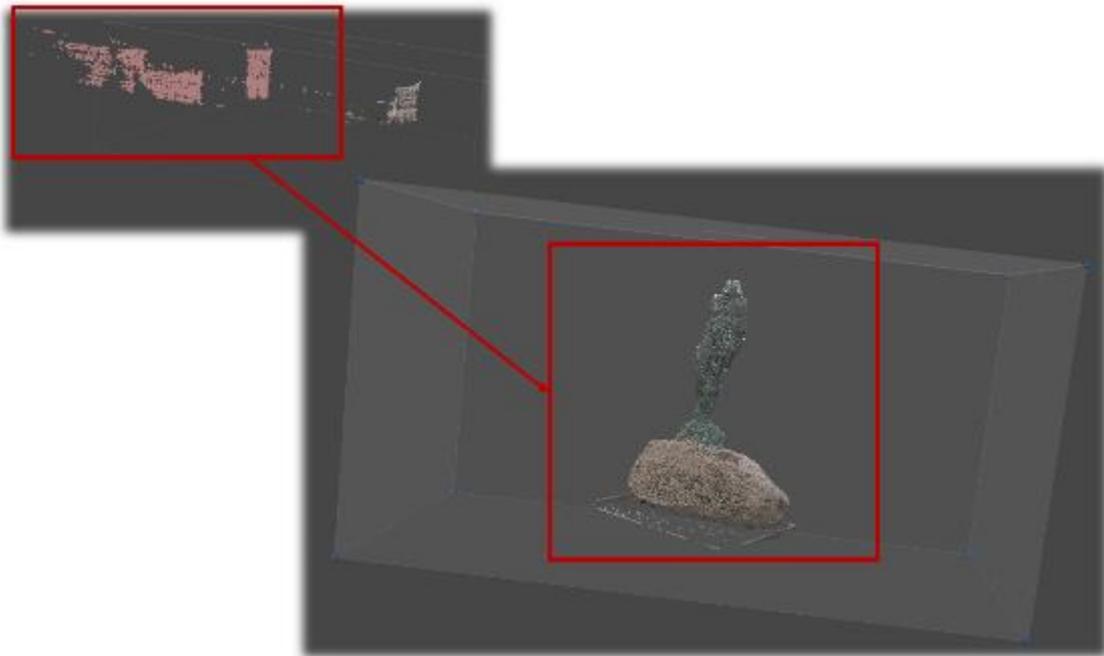
Figura 36: Proceso de alineación y reconstrucción del escenario del objeto



Fuente: Elaboración propia

Se realiza una limpieza de puntos del escenario, hasta obtener el objeto visible.

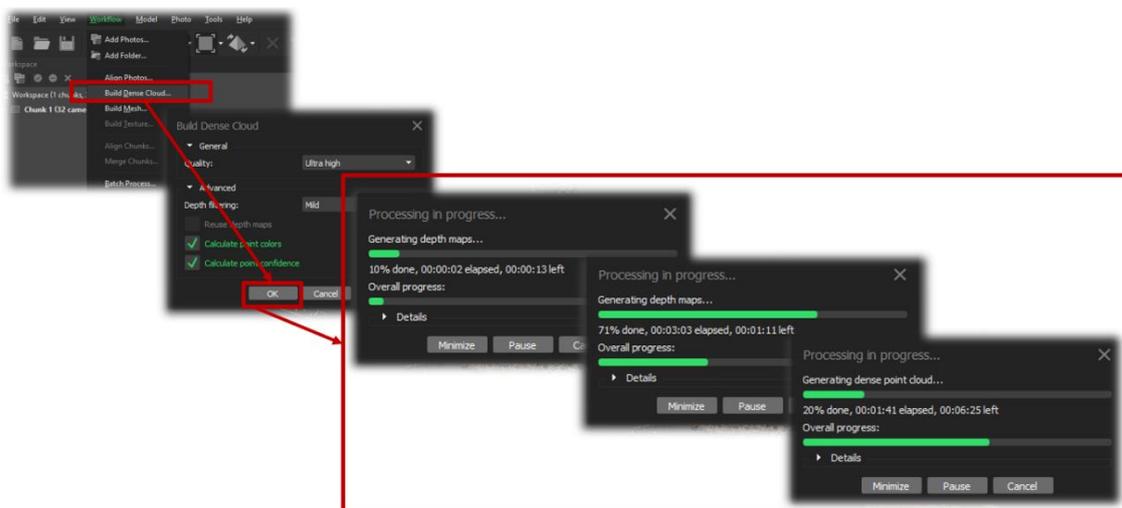
Figura 37: Limpieza de puntos del escenario 3D



Fuente: Elaboración propia

Desde el menú contextual “Workflow”, haciendo clic en “Build Dense Cloud” se construye la nube densa del objeto 3D, este proceso genera los mapas de profundidad y la nube de puntos densa.

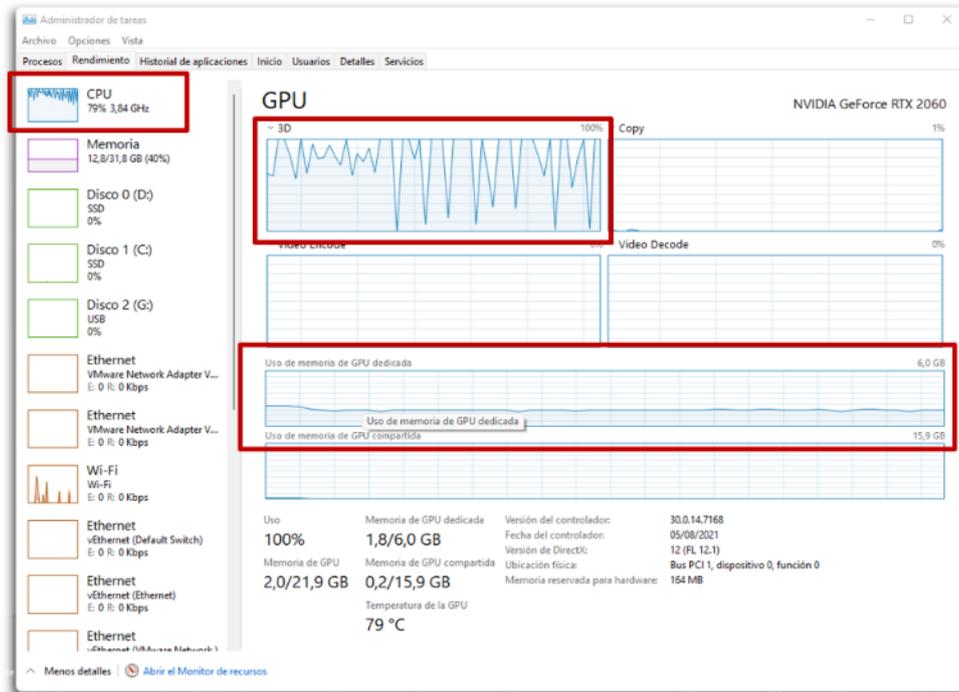
Figura 38: Proceso de construcción del Dense Cloud del objeto 3D



Fuente: Elaboración propia

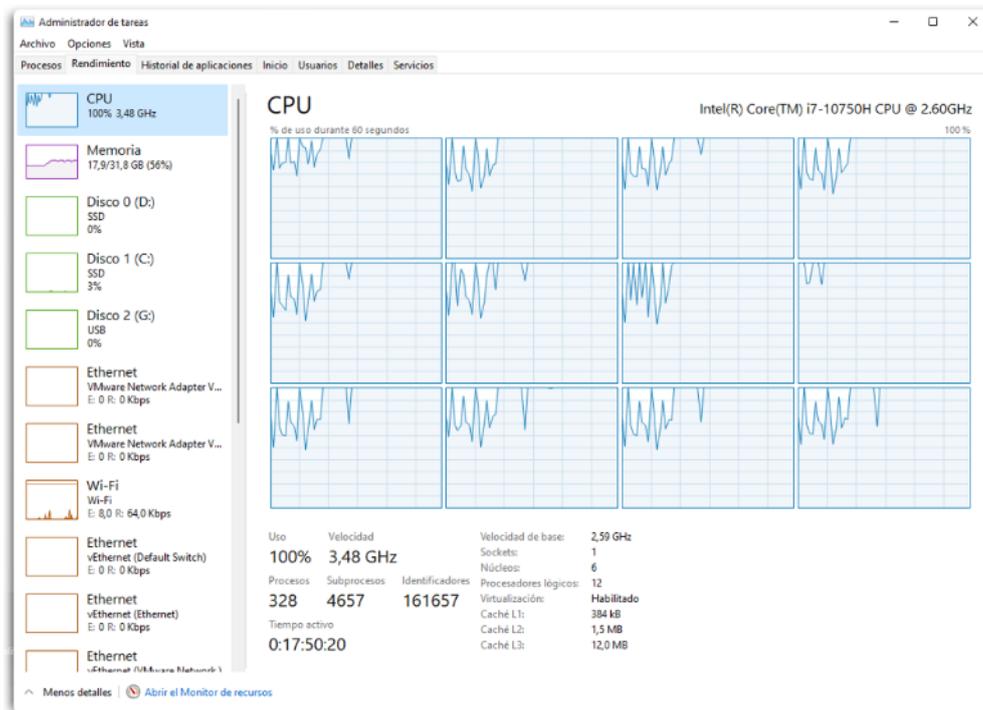
Este proceso hace un uso computacional excesivo de la CPU, GPU y RAM al mismo tiempo para generar los mapas de profundidad de la nube densa del objeto.

Figura 39: Uso de la GPU NVIDIA RTX 2060 durante la construcción de la nube densa del objeto



Fuente: Elaboración propia

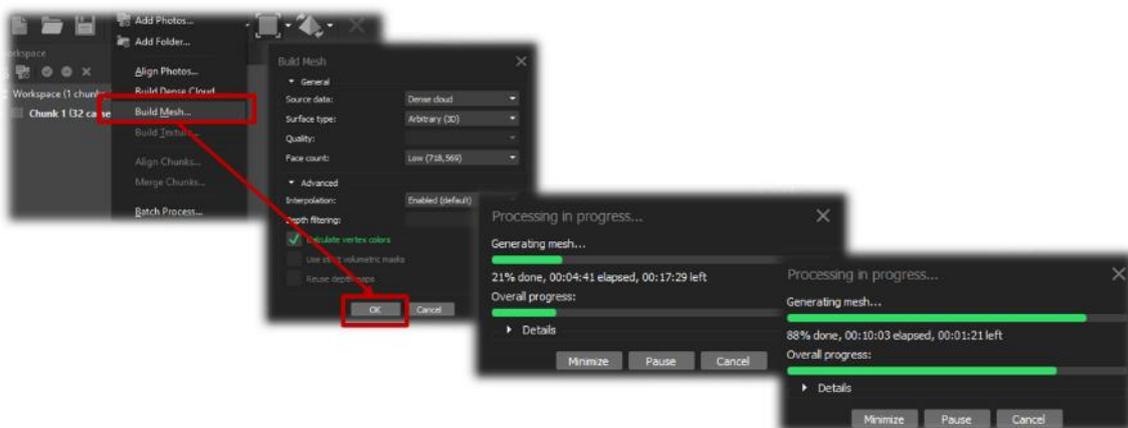
Figura 40: Uso de la CPU al 100% en la construcción de los mapas de profundidad de la nube densa



Fuente: Elaboración propia

Desde el menú contextual "Workflow", haciendo clic en "Build Mesh" se abre un cuadro de diálogo donde se configura la calidad, número de caras poligonales de la malla. Este proceso genera la malla poligonal del objeto 3D y tarda unos cuantos minutos en ejecutar la tarea de construcción.

Figura 41: Proceso de generación de la malla poligonal del objeto



Fuente: Elaboración propia

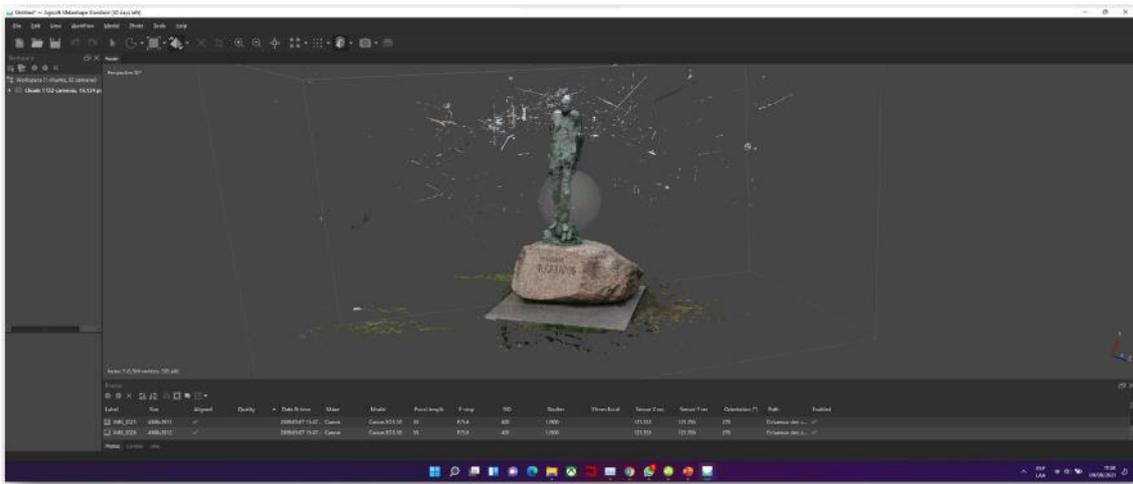
Figura 42: Uso excesivo de la CPU y consumo elevado de la memoria RAM durante la generación de la malla poligonal



Fuente: Elaboración propia

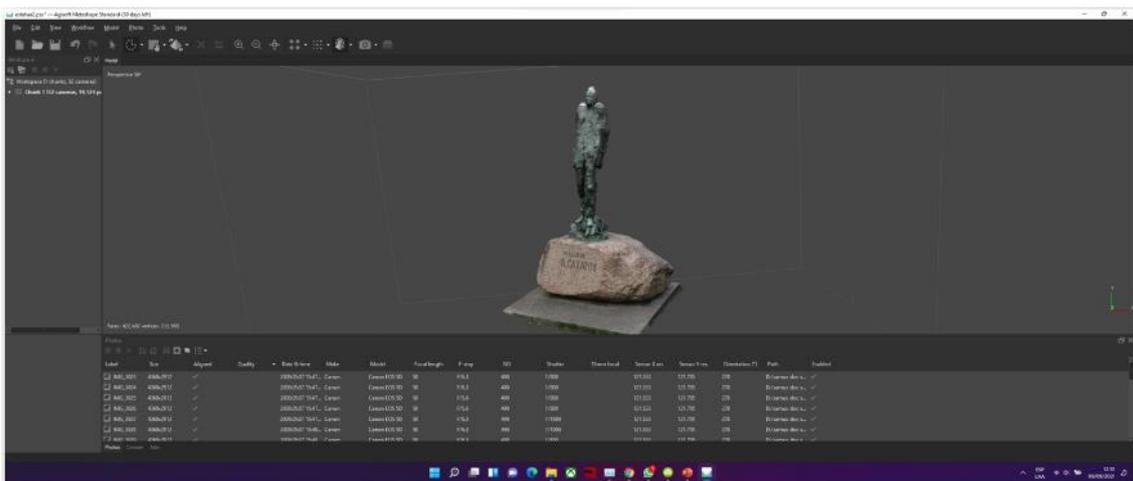
Obtenida la malla poligonal se realiza una limpieza de caras poligonales del objeto hasta obtener el resultado deseado.

Figura 43: Resultado de la construcción de la malla poligonal



Fuente: Elaboración propia

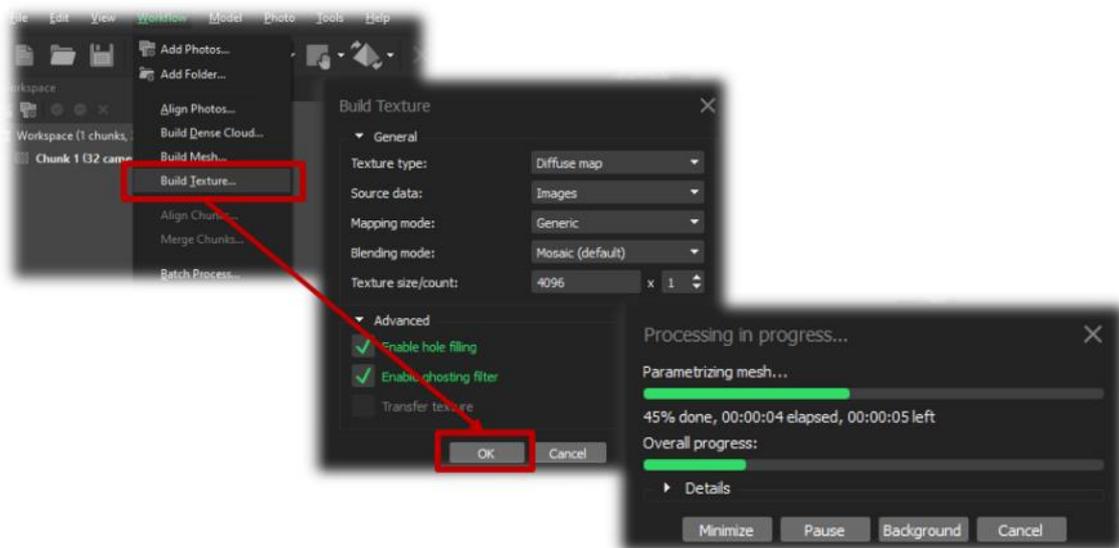
Figura 44: Resultado de la limpieza de la malla poligonal



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es la generación de las texturas del modelo, desde el menú contextual “Workflow”, haciendo clic en “Build Texture” se abre un cuadro de diálogo donde se configura el tipo de textura, la localización de la data, el modo de mapeo, el modo de fusión y el tamaño de la textura.

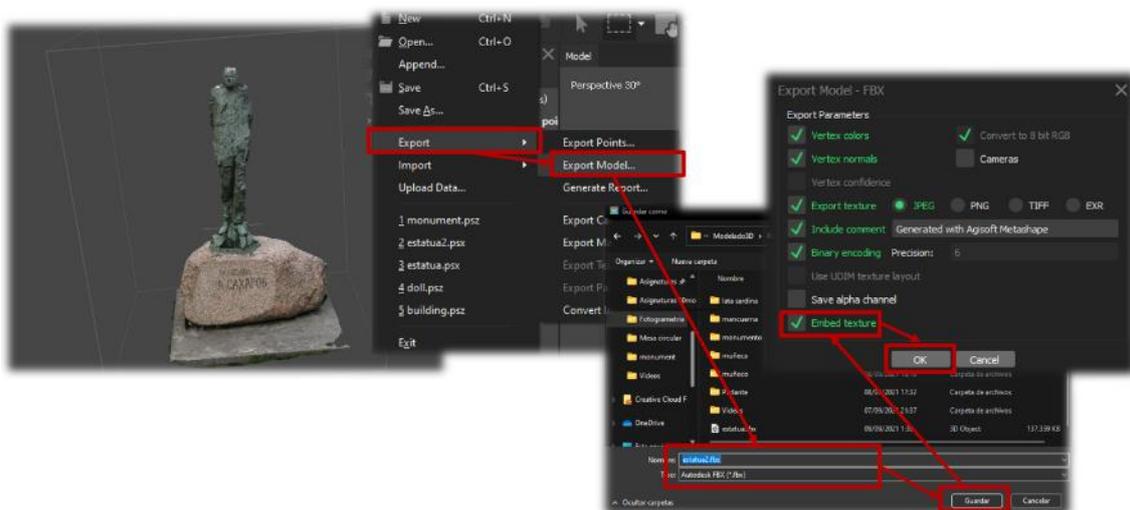
Figura 45: Proceso de generación de las texturas del objeto 3D



Fuente: Elaboración propia

Se exporta el modelo 3D resultante en formato FBX incluyendo las texturas embebidas, las normales y el color de los vértices.

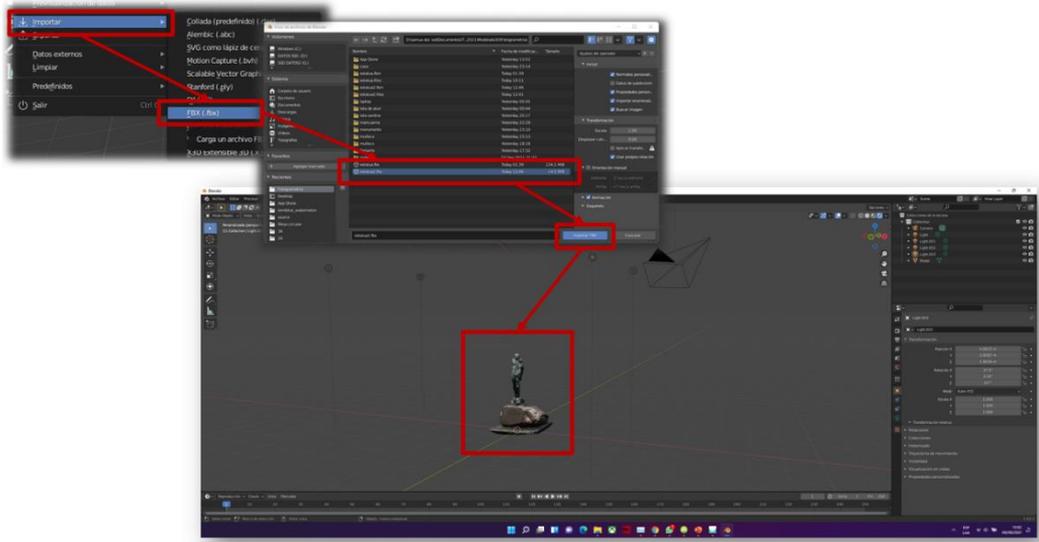
Figura 46: Exportación del objeto 3D en formato FBX



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se importa el modelo en formato FBX en Blender para la corrección y limpieza de vértices y caras de la malla poligonal, luego de exporta en objeto resultante en formato glTF 2.0 para su implementación en proyectos de comercio electrónico con funcionalidad de realidad aumentada.

Figura 47: Corrección y limpieza de vértices en Blender

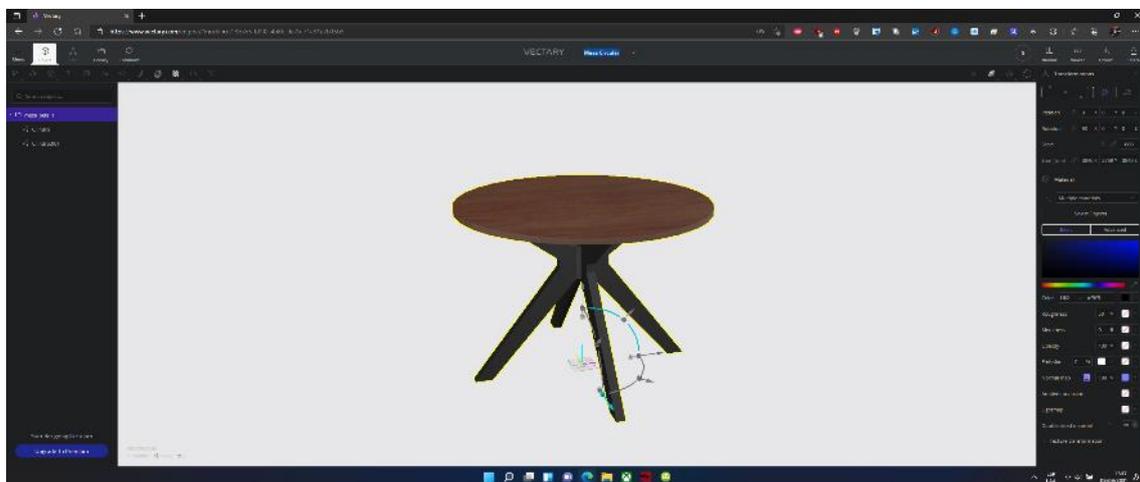


Fuente: Elaboración propia

2.6. Ejecución y/o ensamblaje del prototipo

Primero los modelos 3D se cargaron en el motor de contenido de realidad aumentada Vectary.

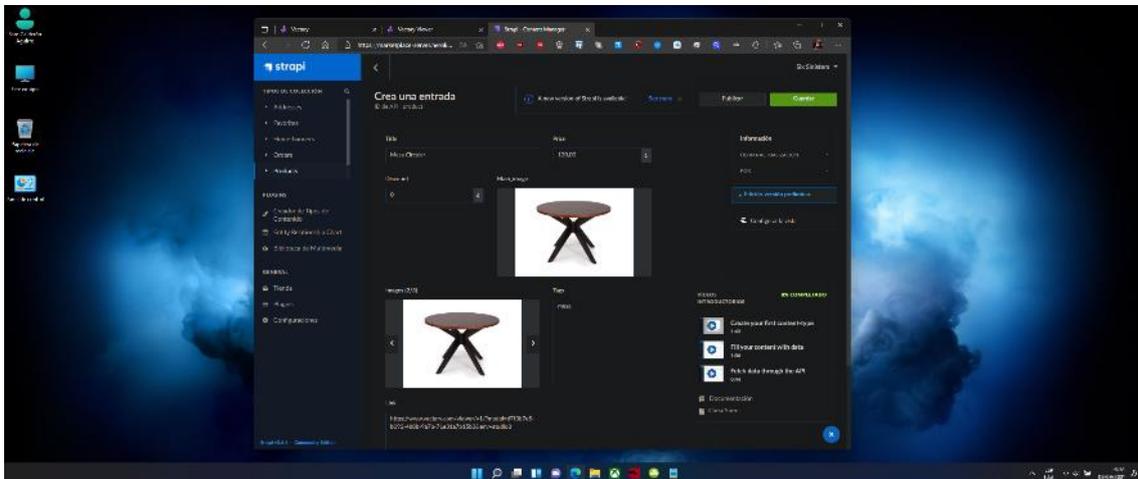
Figura 48: Subida del modelo 3D en un gestor de contenidos de Realidad Aumentada



Fuente: Elaboración propia

En el gestor de contenidos de la plataforma de comercio electrónico se agrega el producto junto con el enlace del modelo subido en Vectary.

Figura 49: Publicación del producto junto con el enlace del modelo 3D subido en Vectary



Fuente: Elaboración propia

Se inicia sesión en la aplicación móvil y se visualiza el producto que se acaba de crear junto con el botón de realidad aumentada.

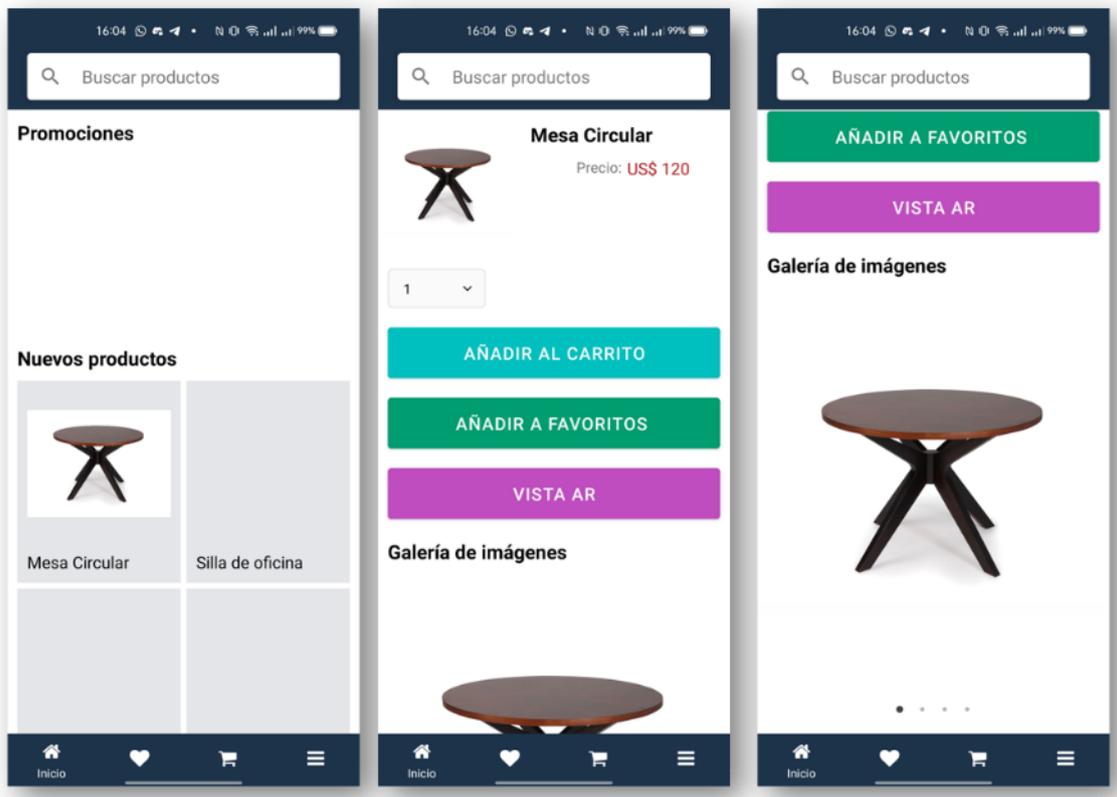
Figura 50: Testeo de la aplicación desde el emulador de Android Studio



Fuente: Elaboración propia

Con la app Expo Go, se ejecuta la aplicación desarrollada en Expo en un dispositivo físico Android.

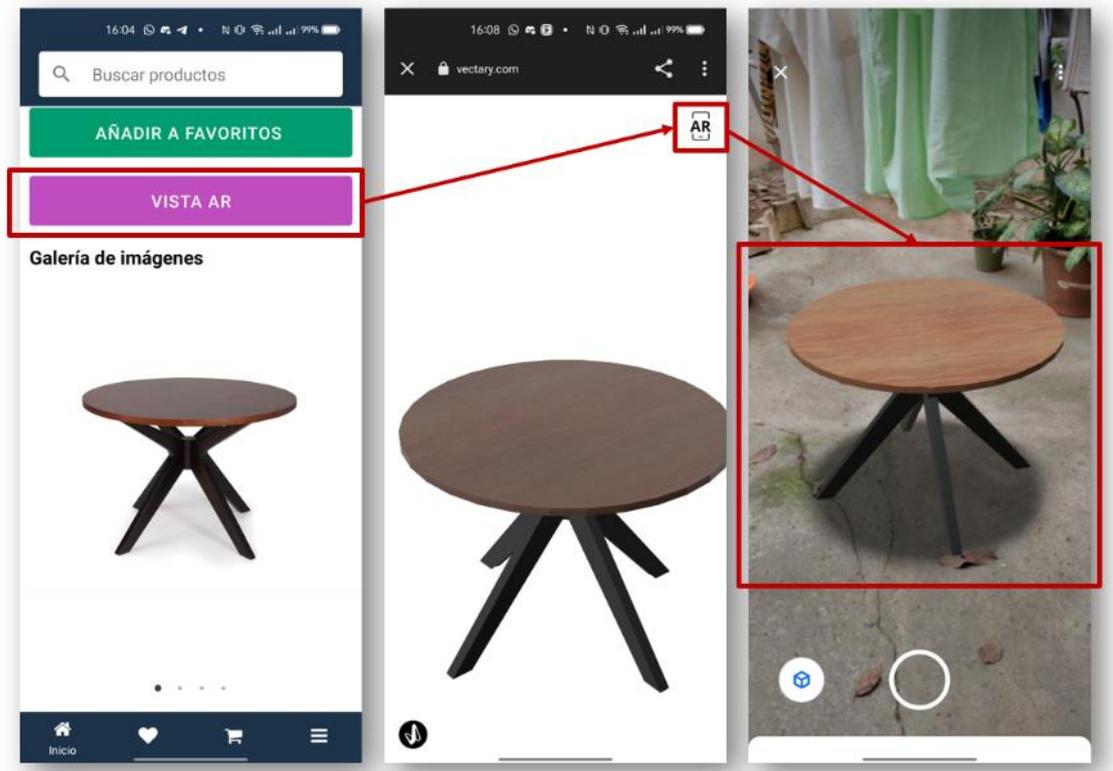
Figura 51: Vista del producto en un teléfono Android Realme 6 Pro



Fuente: Elaboración propia

Al pulsar el botón “Vista AR”, se abrirá el visor 3D para ver el modelo 3D, luego al presionar el botón de AR en la parte superior, se obtiene una experiencia de realidad aumentada con el objeto 3D.

Figura 52: Experiencia de realidad aumentada con el modelo 3D diseñado desde cero



Fuente: Elaboración propia

3. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. Plan de evaluación

Para evaluar los resultados del prototipo se llevó a cabo la aplicación de una prueba de eficiencia de renderizado de modelado 3D.

3.1.1. Prueba de eficiencia de renderizado

Esta prueba lo que busca evaluar es el rendimiento del renderizado del modelo 3D en términos de cuadros por segundo dentro de un escenario de realidad aumentada [38].

El cálculo de este parámetro consiste en contar el número de cuadros renderizados en un segundo mediante el uso de una herramienta que permita el monitoreo de FPS [38]. El nivel aceptable para una experiencia de realidad aumentada está en los 24 cuadros por segundo.

3.1.1.1. Tasa de cuadros por segundo en relación al número de caras poligonales de un objeto 3D

Las pruebas se llevaron a cabo en diferentes teléfonos móviles con sistema operativo Android para evaluar el rendimiento de la experiencia AR, en la tabla 2 se detallan las características de los dispositivos utilizados.

Tabla 2: Dispositivos usados para la evaluación de rendimiento

Dispositivo	Realme 6 Pro	Samsung Galaxy A52	Redmi Note 8	OnePlus Nord
CPU	Snapdragon 720G	Snapdragon 750G	Snapdragon 665	Snapdragon 765G
RAM	8 GB	6 GB	6 GB	8 GB
Pantalla	6.6" FHD+	6.5" FHD+	6.3" FHD+	6.44" FHD+
Almacenamiento	128 GB	128 GB	64 GB	128 GB
Sistema Operativo	Android 11	Android 11	Android 9.0	Android 10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se recoge la lectura obtenida en el teléfono Realme 6 Pro.

Tabla 3: Lectura de fps en un móvil Realme 6 Pro

Objeto /Nro. caras	Lectura de fps obtenidas									
Mesa circular - 44800	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30
Silla - 27552	30	29	29	30	30	30	30	30	26	29
Escritorio - 1554	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sofá - 856	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
FPS mínimos	24									

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se recoge la lectura obtenida en el teléfono Samsung Galaxy A52.

Tabla 4: Lectura de fps en un móvil Samsung Galaxy A52

Objeto /Nro. caras	Lectura de fps obtenidas										
Mesa circular - 44800	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	31
Silla - 27552	30	30	28	28	29	30	30	30	30	31	26
Escritorio - 1554	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sofá - 856	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
FPS mínimos	24										

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se recoge la lectura obtenida en el teléfono Redmi Note 8.

Tabla 5: Lectura de fps en un móvil Redmi Note 8

Objeto /Nro. caras	Lectura de fps obtenidas										
Mesa circular - 44800	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26
Silla - 27552	30	30	30	30	30	30	29	29	30	30	30
Escritorio - 1554	30	30	30	30	26	29	29	30	30	30	30
Sofá - 856	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
FPS mínimos	24										

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se recoge la lectura obtenida en el teléfono OnePlus Nord.

Tabla 6: Lectura de fps en un móvil OnePlus Nord

Objeto /Nro. caras	Lectura de fps obtenidas									
	Mesa circular - 44800	30	30	30	30	30	28	28	29	30
Silla - 27552	29	30	30	30	30	30	29	29	30	30
Escritorio - 1554	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sofá - 856	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
FPS mínimos	24									

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultado de evaluación

3.2.1. Resultado de la prueba de eficiencia de renderizado

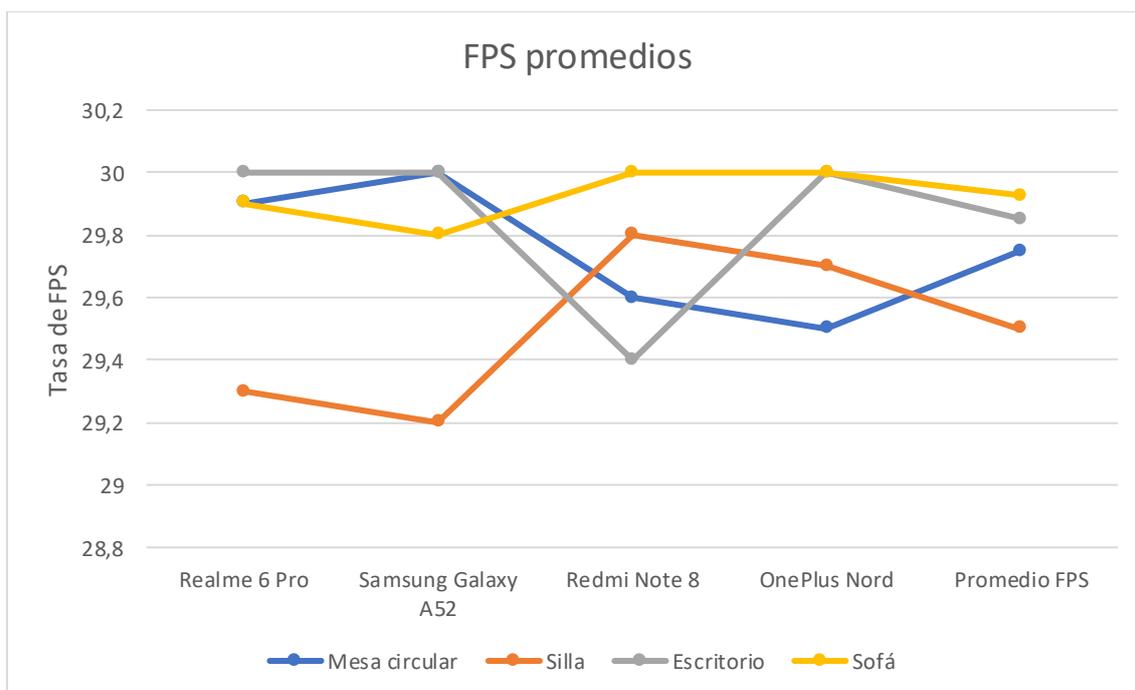
Se obtuvieron los siguientes resultados de la prueba de eficiencia de renderizado por número de caras de cada modelo 3D.

Tabla 7: Promedio de FPS por cada teléfono móvil

Objeto 3D	Nro. Caras	Realme 6 Pro	Samsung Galaxy A52	Redmi Note 8	OnePlus Nord	Promedio FPS
Mesa circular	44800	29,9	30	29,6	29,5	29,75
Silla	27552	29,3	29,2	29,8	29,7	29,5
Escritorio	1554	30	30	29,4	30	29,85
Sofá	856	29,9	29,8	30	30	29,925
FPS mínimos		24				

Fuente: Elaboración propia

Figura 53: Gráfico de resultados de la tasa de FPS promedio



Fuente: Elaboración propia

El promedio de la tasa de cuadros por segundo en todos los dispositivos móviles de la prueba muestra un resultado satisfactorio ya que se supera el umbral mínimo de 24 fps y en la mayoría de casos rondan los 30 fps para obtener una experiencia de realidad aumentada óptima de cara al usuario.

3.3. Conclusiones

Como resultado de la creación de modelos 3D dirigido a proyectos de realidad aumentada para e-commerce se concluye que:

- Se logró la construcción de modelos 3D para su implantación en una plataforma de comercio electrónico con funcionalidades de realidad aumentada haciendo uso de software de modelado 3D y fotogrametría.
- Mediante la revisión de la documentación de las herramientas de modelado y fotogrametría se adquirió el conocimiento necesario para el manejo de las mismas.
- Mediante la técnica de modelado poligonal se diseñaron los modelos con el software de modelado y animación 3D Blender.
- Los materiales y texturas se añadieron a los modelos 3D en función de su calidad, precisión y tamaño.

- Con un conjunto de fotografías de un objeto físico se logró realizar la técnica de fotogrametría utilizando el software Agisoft Metashape para la obtención de un modelo 3D.
- Se logró realizar un escaneo de 360 grados de objetos físicos utilizando la app Qlone.
- Los modelos 3D diseñados fueron implementados en una aplicación de comercio electrónico con funcionalidad de realidad aumentada.
- Se efectuaron pruebas de eficiencia de renderizado evaluando el rendimiento de los modelos 3D en la experiencia de realidad aumentada.

3.4. Recomendaciones

Para la creación de modelos 3D dirigido a proyectos de realidad aumentada para e-commerce se recomienda:

- Revisar primero la documentación y manuales oficiales de las herramientas que se vayan a utilizar en el modelado 3D para un correcto manejo de las mismas.
- La malla poligonal del objeto 3D debe tener menos de 100000 caras o triángulos para ser implementada en una plataforma de realidad aumentada.
- Las texturas deben tener un equilibrio entre la calidad de definición, la resolución y el tamaño de las mismas.
- Tener una iluminación correcta, evitar reflejos, sombras y tener un buen sensor de cámara para poder aplicar la fotogrametría.
- Para aplicar la fotogrametría con el software Agisoft Metashape se recomienda contar con una CPU con un alto IPC y de varios núcleos, 32 GB de RAM o más y una tarjeta gráfica de gama alta para reducir el tiempo de procesado.
- Para las pruebas de evaluación se recomienda revisar e investigar si el SoC (System on a chip) de los teléfonos móviles cuentan con las características y tecnologías necesarias para aplicar una experiencia de realidad aumentada, caso contrario el sistema dará error.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. C. Fruehwirth, S. Biswas y M. K. Perreira, «The Covid-19 pandemic and mental health of first-year college students: Examining the effect of Covid-19 stressors using longitudinal data.,» *PLoS ONE*, vol. XVI, nº 3, p. e0247999, Enero 2021.
- [2] A. A. Ryabev, M. V. Tonkoshkur y S. V. Kravtsova, «Administrating the Development of Tourism and Hospitality Industries During the COVID-19 Pandemic,» *Biznes Inform*, vol. V, nº 520, pp. 215-220, Mayo 2021.
- [3] C. C. Williams y A. Kayaoglu, «The Coronavirus Pandemic and Europe's Undeclared Economy: Impacts and a Policy Proposal,» *South East European Journal of Economics and Business*, vol. XV, nº 1, pp. 80-92, 2020.
- [4] K. Strålin, E. Wahlström, S. Walther, A. M. Bennet-Bark, M. Heurgren, T. Lindén, J. Holm y H. Hanberger, «Mortality trends among hospitalised COVID-19 patients in Sweden: A nationwide observational cohort study,» *The Lancet Regional Health. Europe*, vol. IV, p. 100054, Mayo 2021.
- [5] S. Sheikh, S. I. Sheikh Mohammed y M. S. Sheikh, «Mental health issues arising due to socioeconomic crises during the COVID-19 pandemic,» *Indian Journal of Social Psychiatry*, vol. XXXVII, nº 1, pp. 121-122, 2021.
- [6] G. B. Artieri, F. Greco y G. La Rocca, «Lockdown and Breakdown in Italians' Reactions on Twitter during the First Phase of Covid-19,» *Partecipazione e Conflitto*, vol. XIV, nº 1, pp. 261-282, Junio 2021.
- [7] M. I. Purba, D. C. Yosephine Simanjutak, Y. N. Malau, W. Sholihat y E. A. Ahmadi, «The effect of digital marketing and e-commerce on financial performance and business sustaina-bility of MSMEs during COVID-19 pandemic in Indonesia,» *International Journal of Data and Network Science*, pp. 275-282, Enero 2021.

- [8] F. Pollák, M. Konečný y D. Ščeulovs, «Innovations in the Management of E-Commerce: Analysis of Customer Interactions during the COVID-19 Pandemic,» *Sustainability*, vol. XIII, nº 7986, p. 7986, Julio 2021.
- [9] S. STANCIU, R. I. RADU, V. SAPIRA, B. D. BRATOVEANU y A. M. FLOREA, «Consumer Behavior in Crisis Situations. Research on the Effects of COVID-19 in Romania,» *Dunarea de Jos University of Galati*, vol. XXVI, nº 1, pp. 5-13, Enero 2020.
- [10] I. I. Berchin y J. B. Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, «GAIA 3.0: Effects of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) outbreak on sustainable development and future perspectives,» *Elsevier*, vol. II, p. 100014, 2020.
- [11] R. Villa y A. Monzón, «Mobility Restrictions and E-Commerce: Holistic Balance in Madrid Centre during COVID-19 Lockdown,» *Economies*, vol. IX, nº 57, p. 57, Abril 2021.
- [12] A. Nanda, Y. Xu y F. Zhang, «How would the COVID-19 pandemic reshape retail real estate and high streets through acceleration of E-commerce and digitalization?,» *Journal of Urban Management*, vol. X, nº 2, pp. 110-124, 2021.
- [13] S. Criollo-C, D. Abad-Vásquez, M. Martic-Nieto, F. A. Velásquez-G, J.-L. Pérez-Medina y S. Luján-Mora, «Towards a New Learning Experience through a Mobile Application with Augmented Reality in Engineering Education,» *Applied Sciences*, vol. XI, nº 4921, p. 4921, Mayo 2021.
- [14] B. Silvestri, «The Future of Fashion: How the Quest for Digitization and the Use of Artificial Intelligence and Extended Reality Will Reshape the Fashion Industry After COVID-19,» *ZoneModa Journal*, vol. X, nº 2, pp. 61-73, Diciembre 2020.
- [15] A. Hafaz Ngah, M. Mohamed Anuar, N. Nohd Rozar, A. Ariza-Montes, L. Araya-Castillo, J. J. Kim y H. Han, «Online Sellers' Reuse Behaviour for

- Third-Party Logistics Services: An Innovative Model Development and E-Commerce,» *Sustainability*, vol. XIII, nº 7679, p. 7679, Julio 2021.
- [16] A. KAYA y Ö. AYDIN, «E-COMMERCE IN TURKEY AND SAP INTEGRATED E-COMMERCE SYSTEM,» *International Journal of eBusiness and eGovernment Studies*, vol. XI, nº 2, pp. 207-225, 2019.
- [17] M. Sun, X. Wu y L. Dong, «Augmented Reality Based Educational Design for Children,» *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, vol. XIV, nº 3, pp. 51-60, Febrero 2019.
- [18] H. Hedberg, J. Nouri, P. Hansen y R. Rahmani, «A Systematic Review of Learning Through Mobile Augmented Reality,» *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. XII, nº 3, pp. 75-85, Julio 2018.
- [19] O. G. Rylova, «Features of training 3d computer modeling and visualization of future teachers of informatics,» *Sistemnyj Analiz i Prikladnaâ Informatika*, vol. 0, nº 4, pp. 83-88, Febrero 2019.
- [20] D. Kaplun, M. Golovin, A. Sufelfa, O. Sachenkov, K. Shcherbina, V. Yankovskiy, E. Skrebenkov, O. A. Markelov y M. I. Bogachev, «Three-Dimensional (3D) Model-Based Lower Limb Stump Automatic Orientation,» *Applied Sciences*, vol. X, nº 3253, p. 3253, Mayo 2020.
- [21] O. Kononenko, C. Adolphsen, Z. Li, C.-K. Ng y C. Rivetta, «3D multiphysics modeling of superconducting cavities with a massively parallel simulation suite,» *Physical Review Accelerators and Beams*, vol. XX, nº 10, p. 102001, Octubre 2017.
- [22] G. Gabara y P. Sawicki, «KORTOWO TEST FIELD FOR TESTING PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS ACCURACY – DESIGN AND FIRST EVALUATION,» *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII, nº 1-W2, pp. 23-29, 2019.

- [23] C. W. Park, M. J. Lee y Y. I. Jung, «Photogrammetric Facial Analysis of Attractive Celebrities Using the Glabella for Planning Rhinoplasty and Analyzing Surgical Outcomes,» *Archives of Aesthetic Plastic Surgery*, vol. XXIV, nº 3, pp. 105-110, Octubre 2018.
- [24] H. Cai, Y. Chen, L. Xu y C. Zhang, «Intelligent Building System for 3D Construction of Complex Brick Models,» *IEEE Access*, vol. VIII, pp. 182506-182516, Enero 2020.
- [25] P. R. W. Urech, «Editing Cumulated Landscapes: Point Cloud Modeling as a Method of Analysis in Landscape Design,» *Urban Planning*, vol. V, nº 2, pp. 296-306, Junio 2020.
- [26] Blender, «Blender 2.82 Manual,» 2021. [En línea]. Available: https://docs.blender.org/manual/es/2.82/getting_started/about/introduction.html.
- [27] Agisoft, «Agisoft Metashape,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.agisoft.com/>.
- [28] EyeCue Vision Technologies LTD., «QLONE,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.qlone.pro/>.
- [29] Á. Aller, «Partes de un procesador,» *Profesional Review*, 25 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2020/01/25/partes-de-un-procesador-cpu/>.
- [30] I. Ros, «Intel Core 11 Tiger Lake H: Hasta 8 núcleos y 16 hilos en 10 nm SuperFin,» *Total Publishing Network S.A.*, 11 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.muycomputer.com/2021/05/11/intel-core-11-tiger-lake-h/>.
- [31] Intel, «CPU vs GPU: ¿Cuál es la diferencia?,» Intel, 2021. [En línea]. Available:

<https://www.intel.la/content/www/xl/es/products/docs/processors/cpu-vs-gpu.html>.

- [32] G. Gamarra, «NVIDIA Ampere, especificaciones, arquitectura y más,» Professional Review, 23 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2020/02/23/nvidia-ampere-especificaciones/>.
- [33] NVIDIA Corporation, «Acerca de NVIDIA,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.nvidia.com/es-es/about-nvidia/>.
- [34] M. EBERSOLE, «What Is CUDA?,» NVIDIA Corporation, 10 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://blogs.nvidia.com/blog/2012/09/10/what-is-cuda-2/>.
- [35] Spatial Team, «The Main Benefits and Disadvantages of Polygonal Modeling,» Dassault Systèmes, Spatial Corp., 17 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://blog.spatial.com/the-main-benefits-and-disadvantages-of-polygonal-modeling>.
- [36] ThePro3DStudio, «BOX MODELING TECHNIQUES: HOW TO GET A PERFECT 3D MODEL,» 26 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://professional3dservices.com/blog/box-modeling.html>.
- [37] Instituto Geográfico Nacional, «Fotogrametría Plan Nacional de Ortofotografía Aérea,» Centro Nacional de Información Geográfica, [En línea]. Available: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Fotogrametria.pdf>.
- [38] A. Serrano Mamolar, «Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. Análisis comparativo entre ellas,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2012.

5. ANEXOS

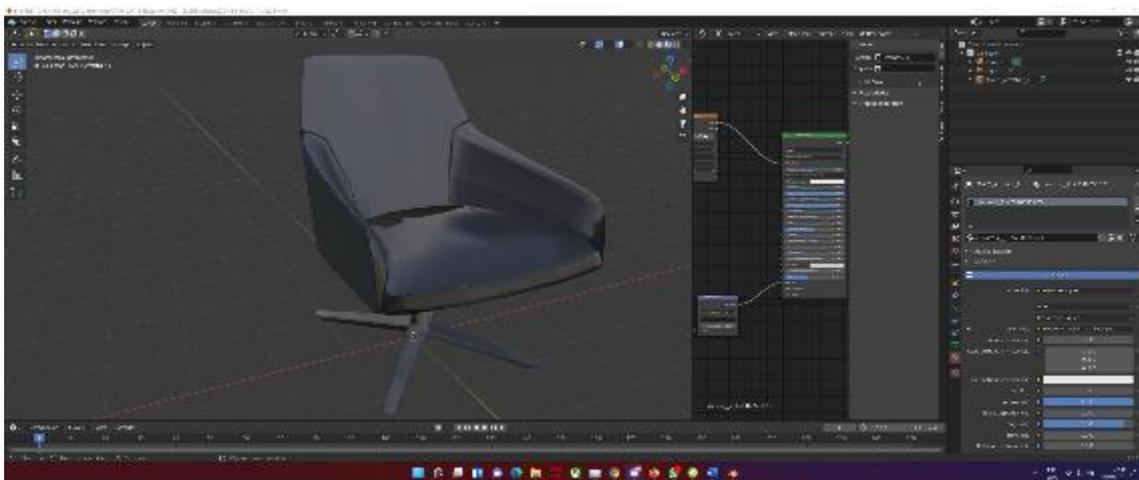
Anexo 1: Resultados obtenidos del modelado 3D en Blender.

Figura 54: Silla de oficina color verde



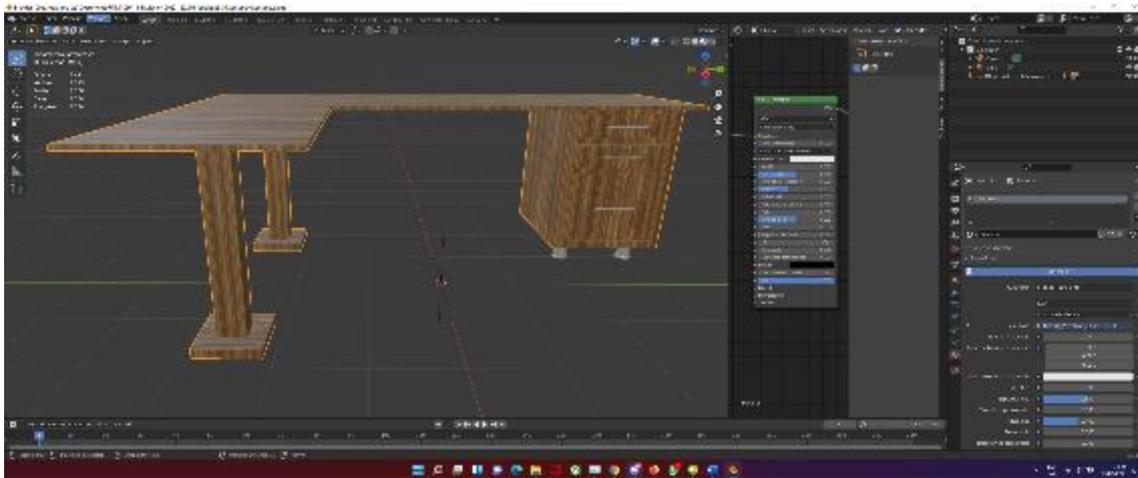
Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Silla de oficina



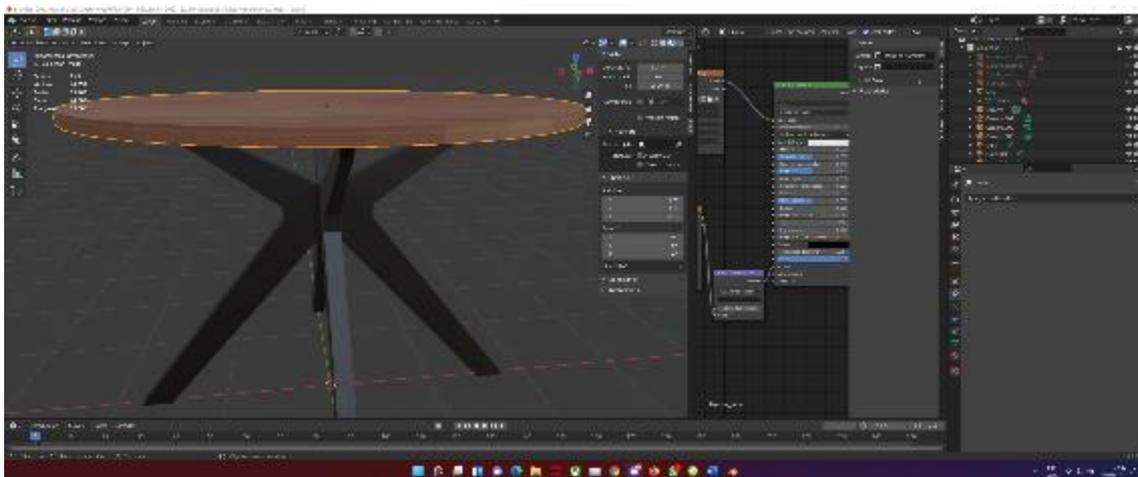
Fuente: Elaboración propia

Figura 56: Escritorio de madera en forma de L



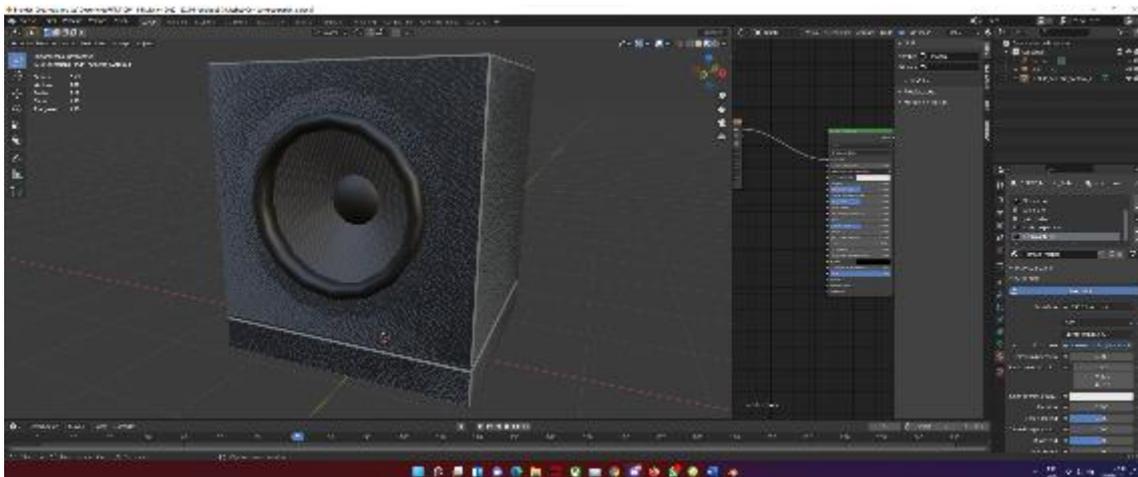
Fuente: Elaboración propia

Figura 57: Mesa circular



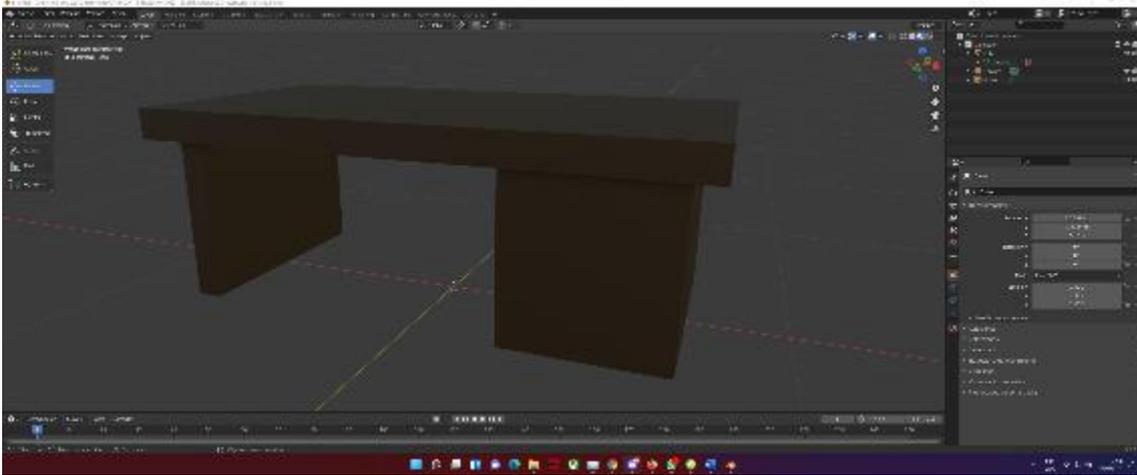
Fuente: Elaboración propia

Figura 58: Parlante



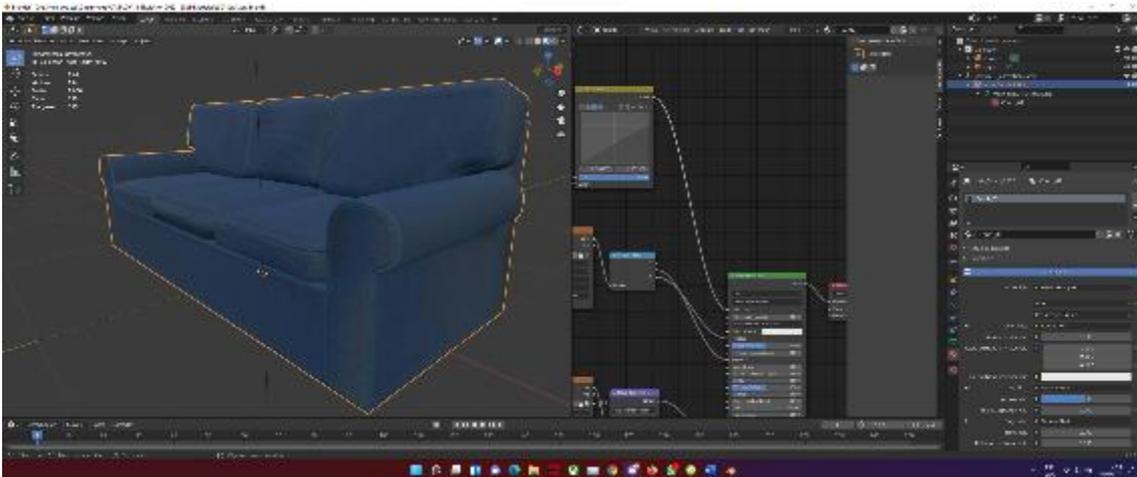
Fuente: Elaboración propia

Figura 59: Escritorio de madera sencillo



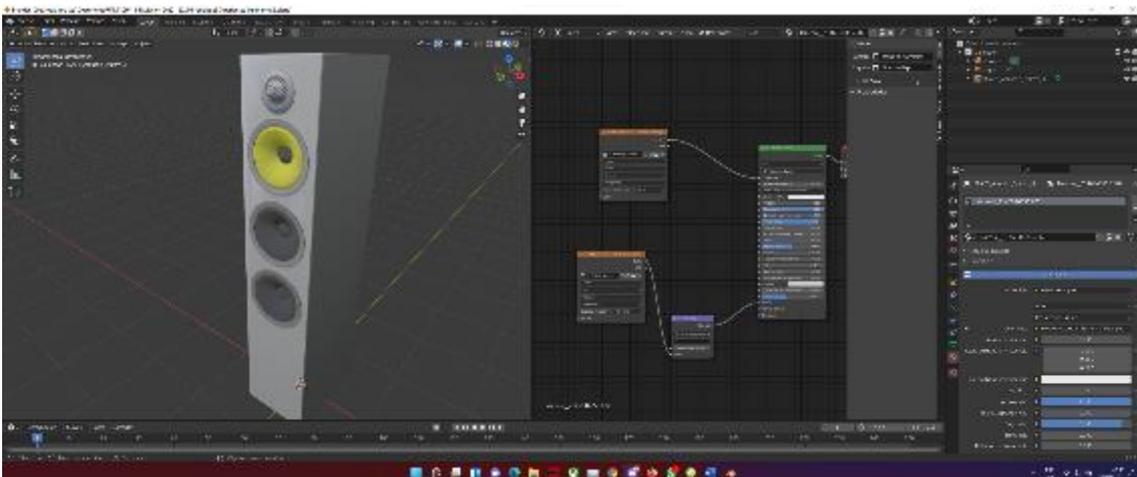
Fuente: Elaboración propia

Figura 60: Sofá



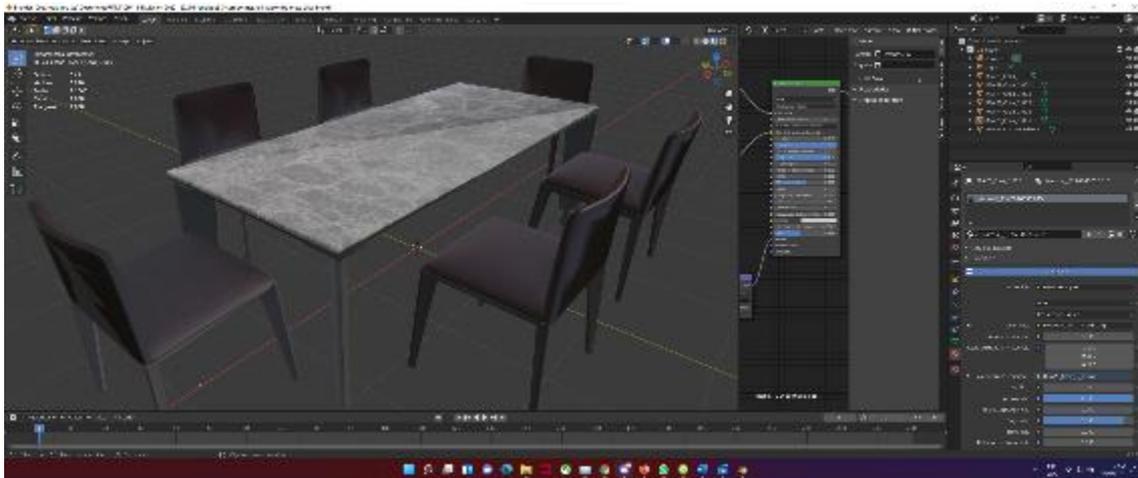
Fuente: Elaboración propia

Figura 61: Parlante en vertical



Fuente: Elaboración propia

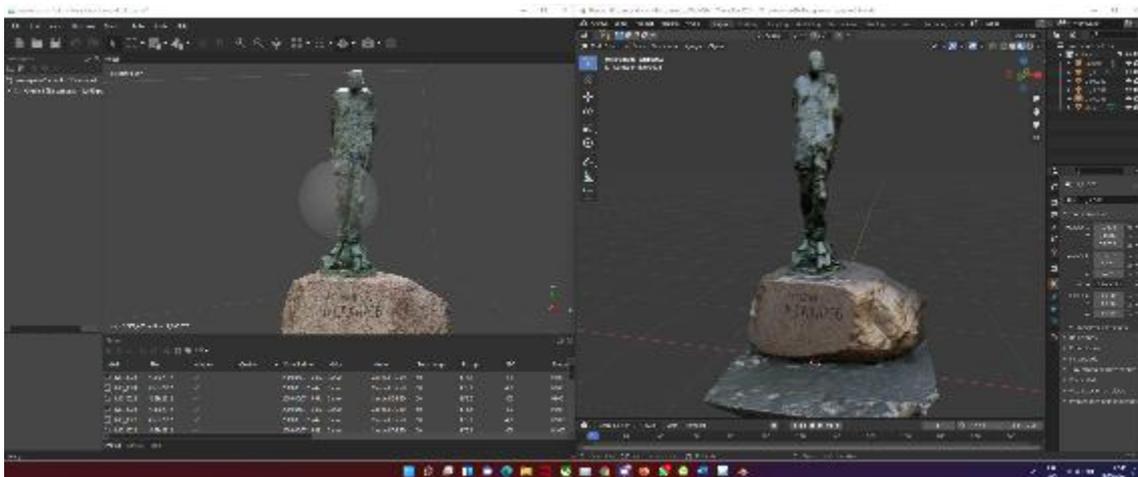
Figura 62: Juego de comedor con 6 sillas



Fuente: Elaboración propia

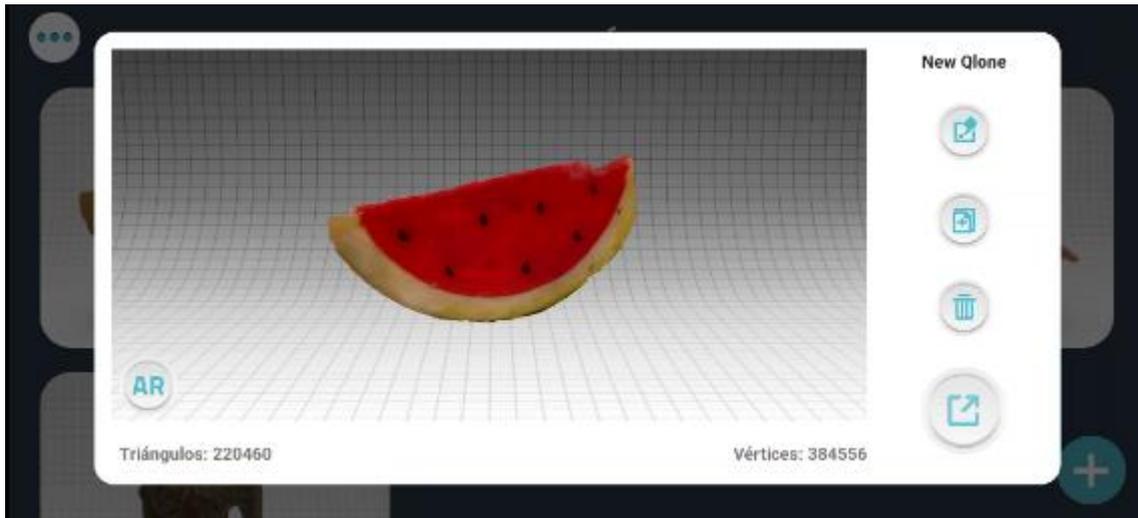
Anexo 2: Resultados obtenidos aplicando fotogrametría.

Figura 63: Escaneo 3D de estatua con Agisoft Metashape



Fuente: Elaboración propia

Figura 64: Escaneo 3D con la app Qlone



Fuente: Elaboración propia