



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA CON RPA PARA REALIZAR EL PRESUPUESTO DE LA CUBIERTA METÁLICA DE LA CAPILLA CRISTO RESUCITADO EN LA URB. MARISCAL CÁCERES – SAN JUAN DE LURIGANCHO - 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Dan Colunche Miranda

Asesor:

Ing. Edmundo Vereau Miranda

<https://orcid.org/0000-0003-1984-1734>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JOSE LUIS NEYRA TORRES	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	RUBEN MANTURANO CHIPANA	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

REPORTE DE SIMILITUD

Tesis Dan colunche

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	wingtra.com Fuente de Internet	1%
7	geox.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis padres, que son el ejemplo y el impulso de seguir superándome como persona y profesional. También a mis hermanos por su apoyo constante, a mi esposa e hija que son el motivo para alcanzar mis metas y objetivos. Finalmente, a la Universidad Privada del Norte y todas las personas que han hecho realidad este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque todo lo logrando en mi vida, que es gracias a su voluntad y el poder de fe
que tengo en él.

Mi agradecimiento especial para mis padres; mi adorada madre por su ejemplo de amor y
compromiso con la familia; mi querido padre, por enseñarme el valor de trabajo con amor
y voluntad.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y constante en todos aquellos momentos
difíciles de la vida.

A mi esposa e hija porque son el impulso para alcanzar mis metas y objetivos profesionales
y personales.

También a la Universidad Privada del Norte por acogernos en sus entrañables aulas,
específicamente a mi asesor el Ingeniero, Edmundo Vereau Miranda por su apoyo y
recomendaciones en mi tema de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
Realidad problemática	17
Base Teórica	19
Antecedentes de la investigación	36
<i>Antecedentes internacionales</i>	36
<i>Antecedentes nacionales</i>	38
<i>A nivel Local</i>	40
Formulación del problema	40
Problema General	40
<i>Problemas específicos</i>	40
Objetivos	40
Objetivo general	41

<i>Objetivos específicos</i>	41
Hipótesis	41
<i>Hipótesis general</i>	41
<i>Hipótesis específicas</i>	42
Justificación	42
<i>Justificación Teórica</i>	42
<i>Justificación práctica</i>	43
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	45
Tipo de investigación	45
Diseño de la investigación	45
Población y muestra	46
<i>Unidad de estudio</i>	46
<i>Población</i>	46
<i>Muestra</i>	46
Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección y análisis de datos	46
<i>Técnicas de recolección de datos</i>	46
<i>Instrumentos metodológicos y materiales</i>	48
<i>Procedimiento de recolección y análisis de datos</i>	53
<i>Procedimiento de análisis de datos</i>	56
<i>Aspectos éticos</i>	56
CAPÍTULO III: RESULTADOS	58
Recolección de datos	58
<i>Recopilación de la información del área de estudio</i>	58
Investigación de campo	60

<i>Fase de reconocimiento del área de trabajo</i>	60
Descripción de trabajo de campo	61
<i>Levantamiento fotogramétrico</i>	61
<i>Resultado del plan de vuelo</i>	63
Procedimiento de datos para la obtención del modelo 3D	65
<i>Primer paso: importación de imágenes</i>	66
<i>Segundo paso: orientación de imágenes</i>	68
<i>Tercer paso: crear nube de puntos densa</i>	70
<i>Cuarto paso: crear la malla</i>	71
<i>Quinto paso: crear textura</i>	72
<i>Sexto paso: crear modelo de teselas</i>	74
<i>Séptimo paso: crear modelo de elevaciones</i>	74
<i>Octavo paso: crear orto mosaico</i>	75
<i>Noveno paso: reporte final modelo 3d terminado</i>	76
<i>Décimo paso: exportar al Autocad</i>	77
Procedimiento para obtener el metrado de las dimensiones de la cubierta	79
<i>Obtención del metrado</i>	79
<i>Planilla de resumen de metrado</i>	81
Análisis de costos	82
<i>Lista y costo de materiales</i>	82
<i>Lista y costo de herramientas</i>	83
<i>Costo de mano de obra</i>	84
<i>Estimación del presupuesto de obra</i>	85
<i>Presentación final del presupuesto</i>	86
Análisis de tiempo y recursos empleados en elaborar el presupuesto de obra	88
<i>Estimación de tiempo empleado con RPA</i>	88

<i>Estimación de tiempo empleado con medición manual</i>	89
<i>Estimación de recursos</i>	89
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	91
Discusión de resultados	91
<i>Presentación de resultados del objetivo específico 1</i>	91
<i>Presentación de resultados del objetivo específico 2</i>	92
<i>Presentación de resultados del objetivo Específico 3</i>	93
Presentación de resultados del objetivo General	94
Limitaciones	95
Implicancias	96
Conclusiones y recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	103

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Tiempo empleado en la elaboración de presupuesto con RPA</i>	88
Tabla 2	<i>Estimación de tiempo en la elaboración de presupuesto de forma manual</i>	89
Tabla 3	<i>Comparación de recursos utilizados para elaboración de presupuesto</i>	90

Índice de figuras

Figura 1	<i>Uso de la fotogrametría y las primeras cámaras fotográficas</i>	20
Figura 2	<i>Mapa de imágenes continuas</i>	22
Figura 3	<i>Uso del RPA, (Aeronave Pilotada Remotamente) en la construcción</i>	23
Figura 4	<i>RPA DJI Matrice 300 RTK</i>	24
Figura 5	<i>RPA Wingtra One RTK</i>	25
Figura 6	<i>RPA DJI Phantom 4 RTK</i>	25
Figura 7	<i>RPA DJI Phantom 4 / Mavic 2 Pro</i>	26
Figura 8	<i>Levantamiento fotogramétrico</i>	27
Figura 9	<i>Variaciones de la distancia de muestreo del suelo</i>	28
Figura 10	<i>Altura de vuelo correcto</i>	29
Figura 11	<i>Cálculo de traslape en fotogrametría.</i>	30
Figura 12	<i>Diagrama de procesamiento de imágenes</i>	31
Figura 13	<i>Dron modelo Autel Evo 2 Pro</i>	49
Figura 14	<i>Mando inalámbrico para dron modelo Autel Evo 2 Pro</i>	50
Figura 15	<i>Baterías para dron modelo Autel Evo 2 Pro</i>	50
Figura 16	<i>Maletín y conexiones para dron modelo Autel Evo 2 Pro</i>	51
Figura 17	<i>Micro SD utilizado en el levantamiento fotogramétrico</i>	52
Figura 18	<i>Flujo de trabajo de procesamiento de datos</i>	54
Figura 19	<i>Ubicación y referencia de la capilla Cristo Resucitado</i>	58
Figura 20	<i>Reconocimiento del área de trabajo</i>	61
Figura 21	<i>Programación del vuelo</i>	61

Figura 22	<i>Dron siguiendo el plan de vuelo y toma de imágenes</i>	62
Figura 23	<i>Finalización del vuelo</i>	62
Figura 24	<i>Misión del vuelo</i>	63
Figura 25	<i>Velocidad de vuelo y GSD</i>	63
Figura 26	<i>Superposición de vuelo</i>	64
Figura 27	<i>Solapamiento lateral</i>	64
Figura 28	<i>Flujo de trabajo para modelado 3D</i>	65
Figura 29	<i>Área de trabajo principal</i>	66
Figura 30	<i>Ventana de añadir fotografías</i>	67
Figura 31	<i>Carga de fotografías</i>	67
Figura 32	<i>Visualización de las fotografías importadas</i>	68
Figura 33	<i>Ventana de orientación fotos</i>	69
Figura 34	<i>Proceso de orientación de fotos</i>	69
Figura 35	<i>Fotos orientadas</i>	70
Figura 36	<i>Flujo crear puntos densa</i>	70
Figura 37	<i>Vista planta nube de puntos densa</i>	71
Figura 38	<i>Creación de malla</i>	72
Figura 39	<i>Resultado creación de malla</i>	72
Figura 40	<i>Ventana de crear textura</i>	73
Figura 41	<i>Textura creada</i>	73
Figura 42	<i>Modelo Teselas</i>	74
Figura 43	<i>Modelo de elevaciones</i>	74
Figura 44	<i>Modelo Ortomosaico</i>	75
Figura 45	<i>Generar reporte final</i>	76
Figura 46	<i>Reporte final generado</i>	76

Figura 47	<i>Limpieza de objetivo</i>	77
Figura 48	<i>Objetivo listo para exportar al Autocad</i>	77
Figura 49	<i>Proceso para exportar al Autocad</i>	78
Figura 50	<i>Búsqueda del programa</i>	78
Figura 51	<i>Modelo 3D exportado al Autocad</i>	79
Figura 52	<i>Cubierta lista para medir el área</i>	80
Figura 53	<i>Marcación de áreas de la cubierta</i>	80
Figura 54	<i>Medición de áreas de la cubierta</i>	81
Figura 55	<i>Resumen de metrados</i>	81
Figura 56	<i>Resumen de metrados para cada trabajo</i>	82
Figura 57	<i>Lista y costo de materiales</i>	83
Figura 58	<i>Costo de alquiler de equipos y herramientas</i>	84
Figura 59	<i>Costo de mano de obra</i>	85
Figura 60	<i>Estimación de presupuesto final</i>	86
Figura 61	<i>Presentación final del presupuesto</i>	87

RESUMEN

La industria de la construcción es una actividad importante que contribuye con la economía de un país, por ello se tiene que prestar mucha atención a este sector especialmente a las nuevas formas de administración de la construcción y es conveniente que se opte por los nuevos sistemas de gestión tecnológico, los cuales permiten manejar con mayor eficiencia cada trabajo. En la actualidad existe una problemática en cuanto a la asignación del presupuesto de obra que afecta a la rentabilidad del proyecto, debido a que no se realiza la cuantificación correcta de los metrados, ante ello es momento de optar por herramientas tecnológicas que hacen a la construcción más eficiente. En la presente tesis de investigación se busca utilizar la fotogrametría con RPA (dron) para elaborar un presupuesto de construcción de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado. La metodología que se utilizó fue una investigación aplicada, experimental de corte transversal y el trabajo de campo se realizó mediante un levantamiento fotogramétrico de la estructura. Luego en los resultados, mediante el trabajo de gabinete se realizó el modelo 3d de la cubierta con ayuda del programa Agisoft Metashape para luego ser medido su área en AutoCAD. También en esta etapa se realizó el análisis de costos y presupuestos de materiales, herramientas, mano de obra y costo total de construcción, para luego elaborar el presupuesto final. Además, se realiza una evaluación de tiempo empleado en elaborar el presupuesto con RPA. Finalmente, se describen las conclusiones y recomendaciones destacando la importancia de la aplicación de la fotogrametría con RPA en la ingeniería civil en el área de costos y presupuestos.

PALABRAS CLAVES: Fotogrametría, Aeronave Pilotada Remotamente, levantamiento topográfico con RPA, Levantamiento Fotogramétrico, Costos y presupuestos, Nuevas tecnologías en la construcción.

ABSTRACT

The construction industry is an important activity that contributes to the economy of a country, that is why much attention must be paid to this sector, especially to new forms of construction management, and it is desirable that the new technological management systems should be chosen, which make it possible to manage each job more efficiently. At present there is a problem in terms of the allocation of the construction budget that affects the profitability of the project, because the correct quantification of metrates is not carried out, before this it is time to opt for technological tools that make construction more efficient. This research thesis seeks to use photogrammetry with RPA (drone) to develop a budget for the construction of the metal cover of the Christ the Risen chapel. The methodology used was an applied, experimental cross-sectional investigation and the field work was carried out by a photogrammetric survey of the structure. Then in the results, by means of the enclosure work the 3d model of the cover was performed with the help of the Agisoft Metashape program and then its area was measured in AutoCAD. Also in this stage was the analysis of costs and budgets of materials, tools, labor and total cost of construction, and then elaborate the final budget. In addition, a time evaluation is carried out to prepare the budget with RPA. Finally, the conclusions and recommendations are described highlighting the importance of the application of photogrammetry with RPA in civil engineering in the area of costs and budgets.

KEY WORDS: Photogrammetry, Remotely Piloted Aircraft, Topographic Survey with RPA, Photogrammetric Lifting, Costs and Budgets, New Technologies in Construction.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una actividad muy importante que contribuye con el desarrollo económico mundial por la gran cantidad de ingresos que genera, por lo tanto, se tiene que prestar mucha atención a este sector, en especial a las nuevas formas de gestionar y administrar un proyecto, por ello es importante que se opte por los nuevos sistemas de gestión tecnológico, que permitan manejar con mayor eficiencia cada trabajo y poder alcanzar mayor productividad en las obras. Para ayudar a cambiar el mundo, es importante tener la capacidad de observar y medirlo de la forma más exacta posible; por ello el ser humano a creado y desarrollado múltiples técnicas de investigación que aumentan la productividad en los diferentes campos de trabajo.

En los últimos años, el aporte de las nuevas metodologías al sector de la construcción ha demostrado que existe una manera de poder optimizar los recursos, el tiempo y los procesos; en el Perú las empresas grandes utilizan estas nuevas tecnologías para una buena planificación de sus proyectos y se ha podido ver el éxito de las mismas, así mismo también las empresas medianas y pequeñas tratan de conseguir un puesto competitivo en el mercado y la utilización de estas técnicas y equipos tiende a proporcionarlo. Por ello es importante que las compañías constructoras opten por los nuevos sistemas de planificación (Caceres & Toda, 2020).

En la construcción, técnica de la fotogrametría es una de ellas y sea logrado gracias a la utilización de los drones o más conocidos como RPA (Aeronaves pilotadas remotamente), que son unos equipos electrónicos que pueden moverse con mayor velocidad y facilidad en áreas de trabajo de difícil acceso, estos pueden equiparse con dispositivos de comunicación como cámaras, sensores, radares y hardware que transfieren datos exactos y en

tiempo real del objetivo, lo cual facilita la inspección de las estructuras, especialmente de las áreas de difícil alcance como en las construcciones de gran altura (Adames, 2020).

A raíz de la utilización de las nuevas metodologías y estudios de aplicación, es muy importante dar a conocer, sobre el uso de las herramientas y equipos que facilitan y optimizan los trabajos de construcción y aplicarlos es muy necesario para el crecimiento económico de una empresa. Por consiguiente, el presente trabajo se plantea la siguiente pregunta ¿Qué importante es la aplicación de la fotogrametría con RPA para la elaboración de los presupuestos en una obra de construcción?

Realidad problemática

En los proyectos de construcción existe mucha incertidumbre en cuanto a la asignación del presupuesto de obra, que repercute directamente en los objetivos de la empresa, estos problemas se originan porque no se lleva un sistema de costos y presupuestos adecuado lo que impide proyectar la utilidad a corto, mediano y largo plazo; en la mayoría de casos, estos costos no son considerados dentro de la estructura del presupuesto, debido a que no se identifica adecuadamente los costos directos, indirectos y gastos de operación, impidiendo una adecuada toma de decisiones por parte de la administración de la empresa y que repercute directamente en la proyección de la rentabilidad del proyecto (Saravia & Rimachi, 2021).

La problemática en cuanto a la poca rentabilidad de un proyecto o trabajo de construcción, se origina porque las empresas constructoras al momento de elaborar un presupuesto no lo hacen de la forma correcta, ante esta situación es momento de optar por algunos métodos y herramientas tecnológicas, que hacen a la construcción más eficiente. En efecto la ingeniería civil ya no es ajena a estos recursos tecnológicos, uno de ellos es la

implementación de la fotogrametría aérea, cuyo objetivo es estudiar y definir con precisión la forma, dimensión y posición de los objetos a través de imágenes, esta técnica está orientada a disminuir riesgos, optimizar procesos, y minimizar costos en un proyecto. Con los avances tecnológicos se ha introducido nuevos equipos de medición, como es el uso de los vehículos aéreos no tripulados (VANTs) para realizar las mediciones e inspecciones de estructuras de difícil acceso, estos equipos muy confiables y tiene menor costo, por consiguiente permite que la toma de información en campo de trabajo sea más sencilla, rápida, segura y con resultados de calidad (Soto, 2018). Además, este autor señala que el uso de drones o más conocidos como RPA (aeronaves pilotadas remotamente) permite la toma de fotos aéreas y que mediante los programas informáticos de diseño sirven para crear modelos y texturas del terreno y su representación cartográfica; de ahí que la utilización de estos equipos ha permitido que la fotogrametría aérea facilite el trabajo de la ingeniería civil para realizar mediciones y poder elaborar presupuestos (p.1).

En muchas obras se originan conflictos y pérdidas económicas debido a una mala decisión en distribución de los recursos lo cual genera sobrecostos a consecuencia de un mal cálculo en área de presupuestos. Esto sucede porque las empresas no realizan la cuantificación correcta de los metrados y materiales o muchas veces lo hacen basados en la experiencia o se toma las mediciones con métodos tradicionales, para solucionar estos problemas es necesario hacer uso de los drones para realizar los metrados especialmente de estructuras de áreas difíciles de medir, también se puede utilizar en la sierra, en la selva y en todas partes que se requiera. Dentro de los estudios relacionados a los drones y el método tradicional con estación total, se ha comprobado que el tiempo empleado para trabajos de campo y procesamiento de datos es de 13.5% más rápido y en costo es 31 % más barato que el método convencional (Santillan, 2022).

Según los estudios revisados, es importante utilizar la fotogrametría con drones, porque es más rentable ya que optimiza tiempo y reduce costos, el uso de estas nuevas técnicas y equipos en las obras de construcción, agiliza y ayuda a cuantificar con exactitud el áreas y metrados en las estructuras de gran altura y de difícil acceso. En la ingeniería civil, donde se propone elaborar un presupuesto de obra, es necesario medir o tener el modelamiento de la estructura o terreno, por lo cual se requiere el conocimiento de algún especialista en topografía; pero con el uso de un dron se puede obtener todo los datos necesarios; por ello el fin de este estudio, es la aplicación de la fotogrametría con RPA y usaremos el dron modelo EVO II Pro conjuntamente con el software de diseño Agisoft metashape, para realizar el levantamiento fotográfico y procesar el modelado 3D de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado.

Base Teórica

Historia de la fotogrametría

La historia de la fotogrametría comienza a mediados del siglo XIX con las nuevas técnicas e instrumentos aplicados al levantamiento topográfico y a la producción cartográfica. El desarrollo de la fotografía produjo importantes cambios en esta ciencia. El empleo de la fotogrametría terrestre en relieves de complicado acceso fue el eje fundamental para emprender tareas cartográficas ambiciosas que deslumbró el camino para la utilización de las imágenes aéreas y automatización del proceso cartográfico, la medición de los objetos en 2D y 3D nació fruto de del desarrollo de la geometría descriptiva y las sucesivas aproximaciones en la obtención de imágenes fotográficas y con ellas fue posible deducir la situación de los objetos, sus dimensiones, su planta y su alzado (Muro et al., 2002).

A pesar de sus más de 160 años de descubrimiento la fotogrametría no ha perdido su valor, su evolución y ampliación en cada ámbito, lo convierte en un sistema clave para el

estudio y definición de forma precisa las dimensiones y la posición de los objetos en el espacio. Las primeras aplicaciones de la fotogrametría al levantamiento de planos se dieron en el año 1858, cuando el coronel francés Aimé Laussedat consiguió obtener planos exactos de edificios y pequeñas extensiones de terreno a partir de la fotografía con ello comienza la fotogrametría terrestre; pero el avance más significativo fue después de la primera guerra mundial donde se utilizaron los aeroplanos y globos aerostáticos para la creación de mapas cartográficos y reconocimiento del relieve del terreno para el desplazamiento de las tropas. pero con la invención del avión en la I Guerra Mundial, la fotogrametría aérea alcanzó su máximo reconocimiento, luego se percataron de las ventajas de utilizar estas naves para la toma de fotos en serie y se construyeron las primeras cámaras aéreas (Global Mediterranea Geomática, 2018). Las primeras cámaras aéreas se muestran en la siguiente figura 1.

Figura1

Uso de la fotogrametría y las primeras cámaras fotográficas



Nota. En esta figura se muestra el vuelo de un avión de la primera guerra mundial con las primeras cámaras fotográficas aéreas, las cuales tenían un gran tamaño. Adaptado de fotogrametría evolución y uso, por Global Mediterránea Geomática, 2018.

Definición de fotogrametría

Según Ibarra (2021) lo define a la fotogrametría como la técnica cuyo objetivo es estudiar y definir con precisión la forma, dimensión y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías. También la fotogrametría determina las propiedades de los objetivos a partir de las imágenes las cuales generan una información tridimensional, por ello es una técnica de medición de coordenadas 3d que utiliza puntos de referencia topográficos sobre el terreno.

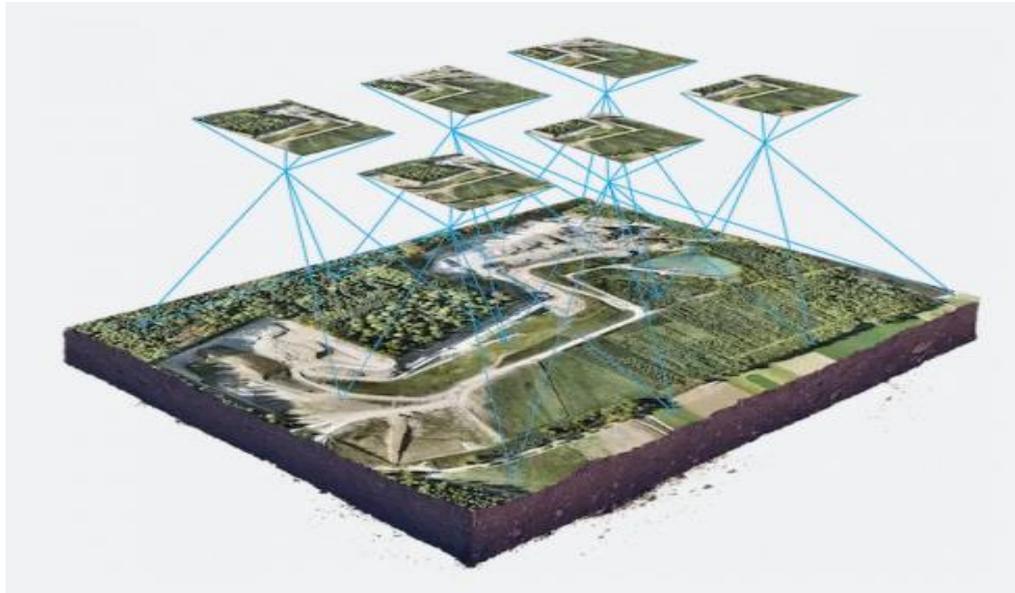
Por otro lado, Ruiz et al., (2015, p.6) lo definen como una técnica que une las matemáticas, la fotografía y la óptica para determinar las propiedades geométricas de los objetos, a través del solapamiento de imágenes basados en principios trigonométricos, nos dice que esta disciplina ha evolucionado y se ha adaptado a las nuevas técnicas y su uso se ha adecuado a distintas ramas del conocimiento como la geografía, topografía y construcción de infraestructura.

Como funciona la fotogrametría

Según afirma Wingtra AG (s.f) la fotogrametría es el proceso de unir imágenes capturadas por un dron, que durante el vuelo las fotos se cronometran con un porcentaje de superposición para que puedan unirse para obtener un mapa de imagen continuo que contiene información digital, cuando el dron vuela más cerca del suelo permiten una mayor resolución y precisión. Algunos pueden cubrir grandes distancias en un solo vuelo para producir los mapas necesarios. La resolución, la precisión absoluta de los datos y los resultados confiables dependen de la calidad de la cámara del dron de fotogrametría, así como de su sistema GNSS integrado. El funcionamiento se muestra en la figura 2.

Figura2

Mapa de imágenes continuas



Nota. En la figura se muestra el mapa de imágenes que tiene información digital. Adaptado de cuál es el mejor dron para tus necesidades de fotogrametría, por Wingtra AG (s.f)

Los avances tecnológicos han permitido que la técnica de la fotogrametría se amplie perfeccione. En sus inicios su aplicación solo era para generar mapas topográficos y planos, en la actualidad se utiliza en arqueología, documentación del patrimonio cultural, arquitectura, planeamiento y ordenación del territorio, medio ambiente, etc. pero en la ingeniería civil en campo de la construcción de infraestructura, es de mucha utilidad en los levantamientos topográficos aéreos, que se realizan con los drones. Porque tiene bajo costo se realiza en menor tiempo y brinda mayor confiabilidad de datos.

Aplicación de la fotogrametría en la construcción

Según Ibarra (2021) en el campo de la construcción los RPAS se inició a utilizar desde el año 1990 como una herramienta de recolección de datos, pero los costos en ese entonces eran muy elevados y sus funciones limitadas, pero en la última década su uso y

comercialización se ha perfeccionado, actualmente existen distintas empresas que lo comercializan, de ello se ha aprovechado la ingeniería y construcción para uso en las actividades de recolección de datos. Tal es el caso del uso de drones para calcular las dimensiones y ver el estado de conservación de las estructuras de gran altura, las cuales son muy complicadas para ser medidas manualmente con los operarios (p, 14).

Para Ibarra, con la búsqueda de las nuevas tecnologías para la construcción, y con el afán de encontrar mayor eficiencia en el desarrollo de las actividades, se encontró el buen uso del RPA, más conocido con el nombre de drones, que es todo vehículo aéreo no tripulado que puede ser controlado de forma remota principalmente para realizar actividades que conllevan algún tipo de riesgo en su vuelo. Según el autor estos equipos han mejorado las técnicas de recopilación de información y han ampliado los alcances de la ingeniería civil a los distintos rubros. En la siguiente figura 3 se ve el uso del dron en la construcción.

Figura3

Uso del RPA, (Aeronave Pilotada Remotamente) en la construcción



Nota. En esta figura se muestra un dron, realizando el vuelo fotogramétrico en una estructura de construcción. Adaptado de fotogrametría aplicada a la ingeniería, por CERSA 2022.

Tipos de drones o RPA utilizados en construcción

Según ARQUIDRON Soluciones Tecnológicas en Ingeniería (2021) los drones son equipos de uso profesional para fotogrametría y existen diversos tipos: Multi-Rotor, Ala Fija, VTOL, etc. que, mediante la fotogrametría, permite modelar una superficie de forma tridimensional, nos permiten crear productos cartográficos, planos donde podremos medir longitudes, áreas y volúmenes con un rango de precisión bastante aceptable y a un costo muy inferior a métodos tradicionales con una precisión garantizada.

DJI Matrice 300 RTK. Es un dron cuadricóptero que cuenta con los sensores Zenmuse L1 y P1. El primero integra un módulo Livox Lidar, una IMU de alta precisión, una cámara con un CMOS de 1 pulgada en un cardán estabilizado de 3 ejes. El segundo, integra un sensor de fotograma completo con lentes de enfoque fijo intercambiables en un cardán estabilizado de 3 ejes. El equipo se presenta en la siguiente figura.

Figura4

RPA DJI Matrice 300 RTK



Nota. En la figura se muestra el dron Matrice 300 RTK, Diseñado para misiones de vuelo de fotogrametría, lleva la eficiencia y la precisión a un nivel completamente nuevo. Adaptado de Construido resistente. Funciona inteligente, por DJI (s.f).

Wingtra One RTK. El dron Wingtra One es un dron VTOL vertical para mapeo y topografía permite levantamientos topográficos más rápidos, gracias al sensor Sony RX1R II de 42 MP que le permite obtener un GSD de 0.7 cm/px. El dron se muestra en la figura.

Figura5

RPA Wingtra One RTK



Nota. En la figura se muestra el dron Wingtra One RTK. Por RMS geoespacial (s.f).

DJI Phantom 4 RTK. El Phantom 4 y Mavic 2 Pro son solución cartográfica de baja altitud más compacta y económica, ambos cuentan con un sensor de 1 pulgada de 20 mpx. El equipo se muestra en la siguiente figura.

Figura6

RPA DJI Phantom 4 RTK



Nota. En la figura se muestra el dron *DJI Phantom 4 RTK*. Por Shopper mal (s.f).

DJI Phantom 4 / Mavic 2 Pro. El Phantom 4 y Mavic 2 Pro son solución cartográfica de baja altitud más compacta y económica, ambos cuentan con un sensor de 1 pulgada de 20 mpx. Se muestra en la siguiente figura.

Figura7

RPA DJI Phantom 4 / Mavic 2 Pro



Nota. En la figura se muestra el dron *DJI Phantom 4 / Mavic 2 Pro*. Adaptado de Construido resistente. Funciona inteligente, por DJI (s.f).

Aspectos importantes en la fotogrametría y procesamiento de imágenes.

Con la ciencia de la fotogrametría y los equipos aéreos, que se pueden utilizar en la construcción, mediante el procesamiento de imágenes, para obtener un modelado 3d de cualquier estructura, se obtendrán las mediciones y datos exactos para hacer un correcto presupuesto de obra, por ello es la importancia de implementación de las nuevas tecnologías como los drones en la gestión de proyectos, que aumenta la competitividad y aporta a la mejora continua de una empresa dentro del sector construcción. A continuación, se definirán algunos aspectos importantes, sobre levantamiento fotográfico con RPA.

Vuelo fotogramétrico. El vuelo fotogramétrico tiene por objetivo, sobrevolar la zona a una altura y velocidad constante, describiendo una serie de trayectorias paralelas entre sí, mediante su control de deriva. Dentro de una pasada, la cámara tomará exposiciones de tal modo que las fotografías cuenten con un traslape considerable para poder realizar la reconstrucción del terreno a medir, esto se tendrá un recubrimiento longitudinal prefijado entre fotogramas adyacentes entre dos pasadas o vuelos consecutivos (Del Río et al., 2020)

Figura8

Levantamiento fotogramétrico



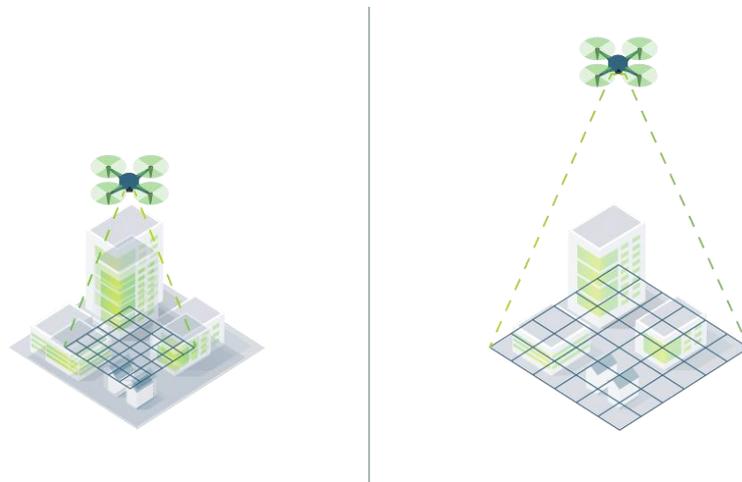
Nota. En esta figura se muestra el recorrido de la aeronave, según la programación del vuelo del dron en esta imagen se ve que su vuelo es rectangular con varias pasadas sobre el objetivo. Adaptado de fotogrametría con drones, por **GEOBAX**.

GSD. Es la distancia entre el centro de dos píxeles consecutivos medidos en el suelo. Este factor se ve afectado por la altura del vuelo y las especificaciones de la cámara, lo que puede resultar en una menor o mayor cantidad de detalles en la imagen (Apráez, 2020). La distancia para la muestra del suelo se ve afectada por la altura del vuelo y las especificaciones

de la cámara. Una altura más baja, con la misma cámara, significa una menor distancia para la muestra del suelo y resultados más detallados.

Figura9

Variaciones de la distancia de muestreo del suelo



Nota. En esta figura se muestra la variación de la altura. La altitud afecta la distancia de la muestra del suelo. Una altura más baja significa una menor distancia para el muestreo del suelo. Adaptado de ¿Qué es la precisión en un proyecto de mapeo aéreo?, PIX4D 2019.

Altura de vuelo correcto para el GSD correcto. Según PIX4D (2019) la distancia de muestreo del suelo que necesita depende de las necesidades de su proyecto. Si está modelando una estructura compleja necesita un GSD inferior para obtener la mayor cantidad de detalles posible. Antes de despegar, decida el GSD correcto y defina la altura de vuelo.

La altura necesaria para obtener un GSD determinado depende de la longitud focal de la cámara, el ancho del sensor y el ancho de la imagen.

Figura10

Altura de vuelo correcto



Nota. En esta figura se muestra el parámetro de cálculo de la altura de vuelo correcta, que implica la relación entre el ancho del sensor, la distancia focal y el ancho de la imagen. Adaptado de, ¿Qué es la precisión en un proyecto de mapeo aéreo?, PIX4D 2019.

Para calcular la altura de vuelo se tiene en cuenta parámetros como el ancho del sensor, la distancia focal y el ancho de la imagen.

- **H** es la altura en metros.
- **ImW** es el ancho de la imagen en píxeles.
- **GSD** es la distancia de muestreo del suelo en centímetros/píxel.
- **F** es la distancia focal en milímetros.
- **SW** es el ancho del sensor en milímetros.

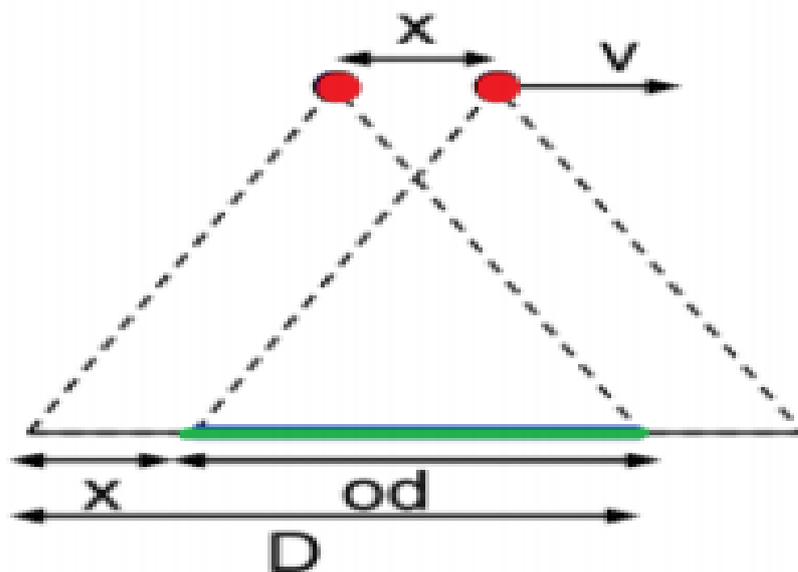
Su fórmula de cálculo es:

$$H = \frac{(ImW * GSD * F)}{(SW * 100)}$$

Traslape. El traslape Apréez (2020) define como la superposición parcial entre dos fotografías de forma longitudinal y transversal, lo cual permite aplicar el principio de visión estereoscópica en el recubrimiento fotográfico, Para obtener imágenes con traslape, se requiere tener en cuenta la resolución de la cámara, la velocidad del UAS, y el GSD deseado.

Figura11

Cálculo de traslape en fotogrametría.



Nota. En esta figura se muestra el parámetro de cálculo de traslape el cual debe ser de manera frontal y lateral, quiere decir entre foto y foto y entre pasada y pasada, de acuerdo a las líneas de vuelo del Dron. Adaptado de, ¿Qué es la precisión en un proyecto de mapeo aéreo?, PIX4D 2019.

Donde:

D es la distancia cubierta en tierra por una imagen [m]

od es la distancia traslapada entre dos imágenes [m]

x es la distancia entre dos posiciones de la cámara [m]

v es la velocidad de vuelo (m/s)

t es el tiempo transcurrido entre imágenes [s]

Para realizar el cálculo de traslape se utiliza la ecuación

$$od = overlap * D$$

Etapas de procesamiento de imágenes. Para Escalante et al., (2016) el procesamiento se lleva a cabo por tres etapas:

La primera extracción y correlación de puntos comunes entre las imágenes. Esto permite conocer la orientación relativa entre imágenes y las áreas comunes registradas del terreno. Otras dos estrategias en esta etapa corresponden a determinar los datos de orientación interna y externa, a través de la calibración y orientación de imágenes, respectivamente.

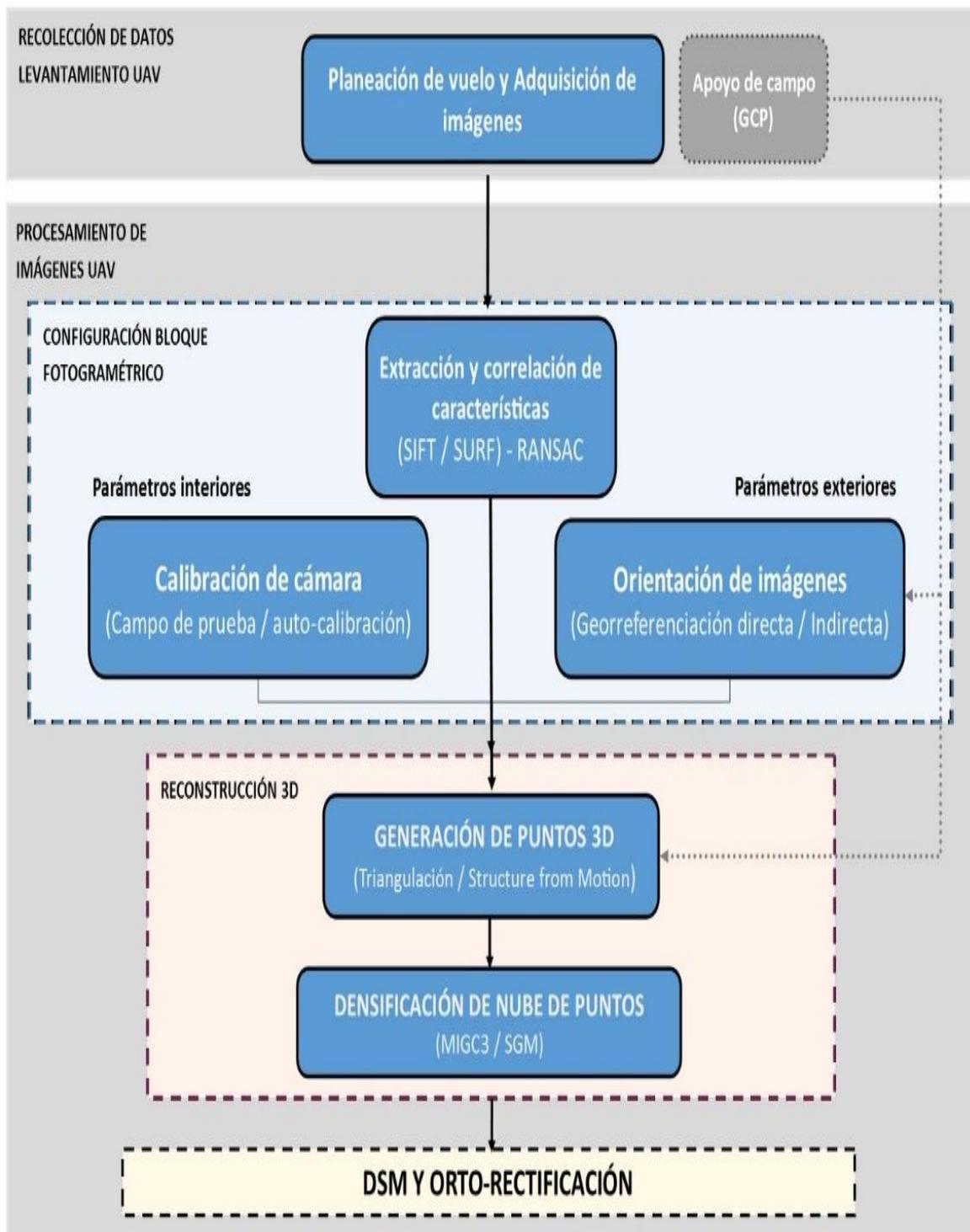
La segunda etapa, el objetivo es determinar las coordenadas del terreno de cada uno de los puntos comunes extraídos de las imágenes y posteriormente determinar las coordenadas del terreno para cada uno de los píxeles en las imágenes a través de lo que se denomina densificación de nube de puntos.

Finalmente, en Modelo digital de elevaciones y ortorrectificación se presentan las estrategias para la generación del modelo digital del terreno a partir de la rasterización de la nube de puntos densa, y la ortorrectificación a partir del DSM generado, el cual permite la eliminación de la distorsión en las imágenes generada por el relieve.

A continuación, se presenta en la figura 12 el diagrama de procesamiento de imágenes para obtener el modelado 3d.

Figura12

Diagrama de procesamiento de imágenes



Nota. En esta figura se presenta el diagrama de procesamiento de imágenes en la fotogrametría. Adaptado de “orto mosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV” (s,p), por J. Escalante, 2016. Redalyc, 20 (50).

Factores importantes para realizar un presupuesto de construcción

en la construcción hay muchos aspectos y factores, que influyen en la elaboración de presupuestos. A continuación, mencionaremos los más importantes los cuales influirán directamente en este estudio.

Metrados. Para la Cámara Peruana de la Construcción (2014) los metrados constituyen la expresión cuantificada por partidas de los trabajos de construcción que se ha programado ejecutar, expresadas en la unidad de medida que ha sido establecidas para cada partida; asimismo, son necesarios para determinar el presupuesto de obra, por cuanto representa el volumen de trabajo de cada partida. Los metrados se realizan con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar y que al ser multiplicado por el respectivo costo unitario y sumados obtendremos el costo directo. Para realizar un buen metrado se debe efectuar un estudio integral de los planos y especificaciones técnicas del proyecto, utilizar en lo posible, la relación de partidas y sus unidades respectivas según lo normado en el Reglamento de Metrados para Obras de Edificación y por último precisar la zona de estudio o de metrado y trabajos que se van a ejecutar.

Metrado de coberturas metálicas. Según la Norma Técnica del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2011) se comprenden todas las cubiertas de tejas, fibro-cemento, láminas metálicas, corrugadas, etc. que forman el techo propiamente dicho exceptuando la estructura metálica resistente, las correas, cerchas y demás elementos que sirven de apoyo. Generalmente los techados son de tipo inclinado. En el caso de techos inclinados apoyados sobre losas horizontales de concreto, la estructura de sustentación se medirá aparte del material de la cubierta, su unidad de medida metro cuadrado (m²) o unidad (und), su forma de medición En el cómputo se considera la superficie geométrica realmente

ejecutada, sin desarrollo de ondulaciones, juntas, etc. En todos los casos se descontará la superficie ocupada por cajones de ventilación, chimeneas, aberturas vidriadas, etc. Iguales o mayores de 1,00 m². La unidad incluye todos los elementos de sujeción de las planchas a la estructura. Si las planchas se computan por piezas, también se computarán por piezas los elementos de sujeción.

Costos y presupuestos en la construcción. El costo y presupuesto de obra se refiere al documento que contiene el cálculo detallado y anticipado del precio de construcción en el caso de este proyecto es de la cubierta metálica de la capilla cristo resucitado. El total del presupuesto representa todos los costos y gastos que tendrá que asumir el propietario del proyecto para llevarlo a cabo, se elabora en base a los cómputos métricos y a los análisis de precios unitarios y estos se fundamentan en la certeza del cálculo de los costos de materiales, equipos y mano de obra, directa e indirecta requeridos en la obra. A continuación, se detallará todos los criterios a tener en cuenta para elaborar un presupuesto.

Valor referencial. Según Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE), el valor referencial constituye el costo estimado de la obra a ejecutar, determinado a partir de la elaboración del presupuesto, el cual está compuesto por el costo directo, gastos generales, utilidad e impuestos. El valor referencial en obras corresponde al monto del presupuesto de obra incluido en el expediente técnico, excepto en las obras ejecutadas bajo las modalidades llave en mano (que incluye la elaboración del expediente técnico) y concurso oferta. Los componentes de la estructura del presupuesto base de una obra se agrupan en dos rubros, costo directo y el costo indirecto.

El costo directo. Es el que se calcula valorizando el costo de cada partida mediante la aplicación de los precios unitarios calculados mediante los análisis de precios de cada

partida, aplicados sobre los respectivos metrados. Por ejemplo, el costo del concreto, ladrillos, fierro, etc., constituyen costo directo

El costo indirecto. Se define como todos aquellos costos que no pueden aplicarse a una partida específica, sino que tienen incidencia sobre todo el valor de Obra, siendo su monto correspondiente a la suma de los gastos generales y la utilidad considerada en el presupuesto de obra.

Gastos Generales. Están establecidos como aquellos gastos que debe efectuar el contratista durante la construcción, derivados de su propia actividad empresarial, por lo cual no pueden ser incluidos dentro de las partidas de la obra.

Análisis de precios unitarios. Según la OSCE los análisis de precios unitarios, es la cuantificación técnica de la cantidad de recursos (mano de obra, materiales, equipo, maquinaria, herramientas, entre otros), que se requieren para ejecutar cada unidad de la partida y su costo. En los análisis de precios unitarios no se incluirá el impuesto general a las ventas (IGV) de los insumos, ya que este impuesto se agregará al final sobre el monto total del presupuesto. Para hacer el cálculo se agrupan los insumos en los rubros materiales, mano de obra, equipos y otros. Es necesario conocer todos los insumos que intervienen en la ejecución de cada partida, su aporte unitario o rendimiento expresado en cantidad de insumo por unidad de medida de la partida, así como el costo en el mercado del insumo.

Uso y optimización del tiempo con RPA en la construcción

La optimización o gestión del tiempo en la construcción es un valor fundamental dentro de un proyecto, porque de ello depende las actividades se realicen con una secuencia bien definida estimando todos los recursos necesarios para su ejecución y además que guarde relación con otras actividades planificadas, de esta forma se logrará mayores utilidades en

términos económicos y entregas de trabajo a los clientes en tiempo definido y exacto. Por ello es importante hacer uso de la tecnología en la gestión de este recurso como es el uso del dron para hacer levantamientos topográficos y obtener las medidas de una superficie.

Ha definido anteriormente Jimenez et., al (2019) reafirma que la fotogrametría constituye una técnica que permite obtener datos de la superficie del terreno en un corto lapso de tiempo, mediante la toma de fotografías aéreas. El uso de las aeronaves no tripuladas (UAV o Dron) constituyen una herramienta adecuada para la obtención de estas fotografías, reduciendo el tiempo del trabajo de campo y permitiendo obtener resultados confiables y comparables con otros instrumentos topográficos convencionales, presentando muchas ventajas al campo fotogramétrico y dentro del área de la ingeniería civil.

Antecedentes de la investigación

A raíz de estos precedentes históricos el concepto de fotogrametría y uso de RPA en la construcción, para las mediciones y que luego ayudará a realizar los presupuestos se ha ido mejorando e implementando cada vez más en los proyectos. Se ha utilizado en distintas obras, en distintos países como lo demuestra los autores de los siguientes estudios consultados.

Antecedentes internacionales

Con el fin de contribuir en el uso y aplicación de la tecnología en la ingeniería civil, en la ciudad de México en el estudio titulado, “Utilización de Sistemas Aéreos No Tripulados en el Sector de la Construcción” y con el objetivo de estudiar los riesgos, analizar los costos, medir los tiempos y presentar los usos y el potencial que ofrecen los sistemas aéreos no tripulados en la construcción, se puso en prueba las posibilidades que ofrecen estos objetos, recopilando la información de 3 sitios de trabajo diferentes para luego procesarlas, generar

mapas y modelos 3D a partir de las imágenes obtenidas, con la ayuda del programa Dron Deploy. Como resultado se pudo lograr disminuir los costos, el tiempo y riesgos importantes dentro de las obras, también se verificó que gracias al mapeo y generación de modelos 3D con fotogrametría, que ofrecen los drones, se ha podido concluir que es de gran utilidad al momento de gestionar obras de construcción y que estos modelos ofrecen una calidad y precisión importante y a la vez no toman mucho tiempo en realizarse, lo cual permite poder realizar estos modelos de manera periódica sin mayor inconveniente (Adames, 2020).

En el vecino país de Ecuador, en el estudio titulado “Modelo de registro fotogramétrico 2d Y 3d del patrimonio edificado en cuenca” con la iniciativa de registrar dicho patrimonio histórico y crear un sistema de información geográfica, se realiza un levantamiento fotográfico mediante RPA, por las construcciones que son de gran altura y muy antiguas ya se puede tener mucha información mediante cámaras fotográficas. Luego mediante los Programas informáticos Agisoft Metashape, Meshlab y Meshmixer, se obtiene el mosaico de imágenes las que finalmente según los procesos se obtiene productos digitales en forma bidimensional y tridimensional. Como resultado se obtuvo la información documentada, como es el sistema de información geográfica, delimitación de las áreas, representación de las edificaciones bidimensional y tridimensional, con respecto a la valoración del sistema de RPA, se concluye su relevancia, efectividad, exactitud y eficiencia (Ochoa & Delgado, 2020).

El uso de los drones en grandes estructuras también se ha utilizado en Sonora México en el trabajo de investigación, “Integración de la fotogrametría aérea con drones para la elaboración de un modelo digital del campus Hermosillo centro de la universidad de Sonora”. El objetivo fue elaborar un modelo digital de la estructura de la universidad de Sonora obtenido por medio de mediciones con RPA, con fines analizar con precisión e

implementar la fotogrametría como método de análisis de costos para la conservación y mantenimiento del proyecto. Como resultado se obtuvo las mediciones exactas, valoración de daños, planeación y gestión de recursos y estimaciones de inversión, también se comprobó que los drones y la fotogrametría crea un panorama más amplio del análisis físico de cada elemento, con este proyecto se logró capturar ángulos visuales donde el ojo humano difícilmente pueda acceder para lograr un análisis paramétrico detallado (Ibarra, 2021).

En el caso específico de estructuras de iglesia se usó el dron para recoger la información y obtener la documentación geométrica de los puntos ocultos e inaccesibles de la cubierta de la estructura de la iglesia San Miguel de Agreda – en España con el fin de proporcionar un debido mantenimiento. Como resultado se obtuvo el modelo tridimensional, que contiene el registro integral de la información física, del estado actual del edificio, permitiendo saber la condición y la forma de la estructura. Para posteriormente brindarle un debido y adecuado mantenimiento (Peinado et al., 2014).

Antecedentes nacionales

Según los antecedentes nacionales, no hay mucha información sobre el uso de los equipos RPA en medición de estructuras, pero sí en otras ramas de la ingeniería civil, por ejemplo en el estudio “Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-dron) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca 2018”. Se realizó una comparación de levantamiento topográfico con estación total y con dron, el trabajo se realizó mediante recolección de datos los cuales fueron procesados en el software Agisoft Metashape, donde se obtuvo nube de puntos, ortofoto, modelo digital de elevación y superficie con curvas de nivel. Posterior a ello, se procesó la información obtenida anteriormente con el uso del software AutoCAD Civil 3d para la obtención de los puntos y su comparación. Como resultado se concluyó que el método

de levantamiento topográfico con RPA (dron) es 10 veces más preciso que levantamiento con estación total y que el costo obtenido con el RPA (dron) resultó ser menor habiéndose obtenido una disminución de 8.59% (Cabada, 2019).

En otro estudio realizado para comparar el costo por kilómetro de los métodos de levantamiento topográfico de una carretera en Ucayali Perú, se realizó levantamiento topográfico que son taquimetría y fotogrametría, para determinar la cantidad de personal, materiales y equipos que se necesitan para realizarlo por kilómetro, una vez determinado las cantidades se elaboró un análisis de costos unitarios el cual se procesó en el software S10 para tener finalmente el costo por kilómetro para cada método topográfico. Según los resultados el costo por kilómetro del levantamiento topográfico con el método convencional taquimetría con estación total es de S/ 4,395.58 soles; mientras que el costo por kilómetro del levantamiento topográfico usando el método de fotogrametría con drones es de S/ 3,017.29 soles. Haciendo una diferencia de 1378.29 soles, llegando a la conclusión que el método de levantamiento con fotogrametría es 31.36% más barato (Santillan, 2022).

También Tacca (2015) en su trabajo “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional” concluye que los datos obtenidos en campo tomados con el dron Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo, el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza. Los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el dron Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo además se requiere mucho menos personal.

A nivel Local

No se evidencio ningún proyecto donde se utilizó los RPA dentro de nuestra área de estudio es por ello que no se tomó en consideración, por lo tanto, este será el primer trabajo donde se aplica la fotogrametría para la elaboración del presupuesto en estructuras metálicas aéreas.

Formulación del problema

Problema General

¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023?

Problemas específicos

- ¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda en el correcto metrado para elaborar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023?
- ¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda con el análisis de costos en la elaboración del presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023?
- ¿De qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a optimizar el tiempo en la realización del presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023?

Objetivos

Objetivo general

Aplicar la fotogrametría con RPA para realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023.

Objetivos específicos

- Determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda en el correcto metrado para elaborar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.
- Determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda con el análisis de costos en la elaboración del presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.
- Determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a optimizar el tiempo en realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

Hipótesis

Hipótesis general

La aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

Hipótesis específicas

- La aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a realizar el correcto metrado para elaborar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.
- La aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda con el análisis de costos en la elaboración del presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.
- La aplicación de la fotogrametría con RPA optimiza el tiempo en realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

Justificación

Justificación Teórica

Según los antecedentes y todos los estudios revisados para hacer realidad este trabajo, existe una justificación basada en hechos reales y experimentados que han dado buenos resultados como lo demuestran los estudios.

A nivel internacional. En México, se usó la fotogrametría con drones para realizar el modelo 3d de tres obras de construcción y ver su avance, como resultado se concluyó que esta metodología puede determinar y reducir costos, tiempo y riesgos importantes y que además es de mucha utilidad para gestionar y administrar proyectos de construcción (Adames 2020). Por otro lado, en Ecuador, Ochoa & Delgado (2020) usaron la fotogrametría con dron para realizar un levantamiento fotogramétrico de un grupo de viviendas de patrimonio cultural, donde tuvieron un resultado exitoso pudiendo delimitar y representar todas las áreas de la edificación con mucha exactitud y eficiencia. También en México Ibarra

(2021) uso el levantamiento fotogramétrico para hacer un modelado digital del campus de la universidad de Sonora, como resultado se obtuvieron mediciones exactas, estado actual de la edificación y con ello se obtuvo un cálculo del gasto que se emplearía para su debido mantenimiento. Finalmente, en España también se usó la fotogrametría para elaborar la documentación geográfica de la iglesia san José de agreda, se tomaron fotografías de todas las áreas ocultas y la cubierta y se pudo determinar su estado actual, condición y forma de la estructura.

A nivel nacional también se utilizó la fotogrametría con drones, por ejemplo, Cabada (2019) en Cajamarca usó para realizar el levantamiento de un área de terreno y obtener los planos, reduciendo costos en 8.59% a comparación de otra metodología con estación total. Asimismo, Vásquez (2022) en su trabajo obtiene, que el tiempo requerido para calcular el volumen de material apilado, con dron es menor que el tiempo requerido para el cálculo con estación total en 11.44 horas midiendo en porcentaje sería de 48.85%. Igualmente, la fotogrametría se utilizó en la selva para levantamiento topográfico de carreteras reduciéndolos costos en 32% por kilómetro en comparación con estación total (Santillán 2020). Finalmente, Tacca hizo una comparación entre un levantamiento con estación total y dron para calcular el volumen de excavación en la vía de la costa verde en lima, en la cual menciona que la fotogrametría reduce tiempo y se realiza con menos personal.

Justificación práctica

En el caso de los trabajos de ingeniería, se necesita una herramienta que pueda ayudar con el cálculo de los metrados especialmente de las estructuras aéreas. En lo personal con los años de trabajo realizando presupuestos para construir o remodelar estructuras, era muy necesario una metodología que ayude a reducir el tiempo en la elaboración de presupuestos de estructuras grandes. Por ello investigando llegué a conocer las ventajas de usar el dron

para obtener el modelado de las estructuras, ver el estado actual en la que se encuentra y realizar los debidos presupuestos. Además, en esta misma línea la fotogrametría con dron me ha ayudado para realizar el cálculo de los trabajos de pintura, instalaciones, entre otros.

Anteriormente en la empresa se presentaban problemas de mal cálculo de presupuestos, porque desconocía de estas técnicas y parecían muy costosas, pero con el uso he comprobado que es una herramienta que me ha dado muchos beneficios, porque he obtenido mayores utilidades y mejorado la calidad de mis trabajos, reduciendo los costos, tiempos exactos de entrega a mis clientes, cumpliendo con el objetivo de que mis proyectos concluyan con la menor cantidad de pérdidas posibles.

Por lo tanto, con esta investigación se busca contribuir con los futuros trabajos e investigaciones en cuanto al uso de la fotogrametría con RPA aplicado al sector de la construcción, en especial al área se costos y presupuestos y poder lograr mejores procesos constructivos, con menor costo, menor tiempo y mejor calidad de los productos.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La aplicación de esta investigación busca generar nuevos aportes al sector construcción, con la aplicación de la fotogrametría en el cálculo de volúmenes y áreas de las estructuras aéreas para luego elaborar los costos y presupuestos destinados para una obra de construcción.

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó en este trabajo es de tipo **Aplicativa con enfoque Cuantitativo**. La investigación aplicada busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos orientados a resolver problemas de la vida cotidiana. El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, con orden riguroso, con objetivos y preguntas de investigación, de estos se establecen hipótesis y se traza un plan para probarlas, se analizan las mediciones obtenidas utilizando análisis estadísticos, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Fernández & Baptista, 2014). **Su alcance es descriptivo**. Porque tiene como objetivo central describir el comportamiento de una o más variables dependientes en una población definida o en una muestra de una población. (Oblitas, 2018, p. 2).

Diseño de la investigación

El diseño de investigación **Experimental de corte Transversal**, se caracteriza porque el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis. La investigación seccional o transversal, aquella en la cual se obtiene información de la población o muestra una única vez en un momento dado (Bernal, 2010, p. 122)

Población y muestra

Unidad de estudio

Infraestructura de la parroquia la Buena Nueva, Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho.

Población

Bernal (2010) se refiere a la población como “el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir como el conjunto de todas las unidades de muestreo (p.160). La población para esta investigación serán las 11 capillas de la parroquia la Buena Nueva, Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho.

Muestra

En cuanto a la muestra “Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” Bernal (2010). La muestra para esta investigación será la capilla Cristo Resucitado ubicado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho.

Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, son los procedimientos y actividades que le dan acceso al investigador a obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación; estas señalan cómo hacer, para lograr un fin o hechos propuestos; tiene un carácter práctico y operativo, es muy importante tener en cuenta que la selección y elaboración de técnicas e instrumentos es esencial en la etapa de recolección de la

información en el proceso investigativo; pues constituye el camino para encontrar la información requerida que dará respuesta al problema planteado (Bastis Consultores, 2020). Las técnicas básicas para la recolección de información, se puede definir como; el medio a través del cual el investigador se relaciona con los participantes para obtener la información necesaria que le permita alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

Las técnicas que se utilizó en la presente investigación fueron:

Técnica de observación. La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías y está dirigida a estudiar los aspectos más significativos de los objetos; permitiendo la comprensión de la verdadera realidad del fenómeno (Fernández & Baptista, 2014).

Técnica documental. Permite la recopilación de información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos. Incluye el uso de instrumentos definidos según la fuente documental a que hacen referencia.

Técnica de campo. Permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad objetiva.

Técnica de estudios experimentales. La principal característica de los estudios experimentales es que se guían en base a la elaboración previa de una o varias hipótesis. Es decir, parten de un enunciado, en forma de afirmación, y es por medio de la investigación que se pretende conocer si este enunciado es verdadero o falso, es decir, comprobar o refutarlo (Montagudo, 2020).

Procedimientos específicos. En todas las áreas de estudio se han generado valiosas herramientas para recolectar datos sobre variables específicas y medir con exactitud al utilizar instrumentos se ayuda a establecer la validez de criterio. En este caso este caso en el campo de la ingeniería civil, específicamente en el área de presupuestos se está usando por primera vez la fotogrametría con RPA que es una metodología nueva, que a través de las fotografías aéreas y que luego de un procedimiento en un software de diseño se obtendrá un modelado 3D de la estructura en análisis, la cual será medida y cuantificada su área para obtener el metrado y realizar un análisis de costos y finalmente el presupuesto correcto el cual se presentará al cliente o propietario.

Instrumentos metodológicos y materiales

Materiales de recopilación de datos. Los materiales de recopilación de datos fueron artículos de ingeniería relacionados con la aplicación de la fotogrametría para levantamientos topográficos con drones o RPA en la construcción. todos estos estudios fueron obtenidos de páginas web y bases de datos (Redalyc, Scielo, Dialnet). También se utilizó tesis de licenciatura y maestría en ingeniería civil que describen conceptos relacionados a esta nueva tecnología de uso de los drones que fueron obtenidas de repositorios de algunas universidades peruanas y extranjeras, todos estos estudios se emplearon para información del tema y describir el marco teórico y ver la realidad problemática, los estudios permitieron que la recolección y registro se realicen de forma ordenada y sistemática.

Instrumentos de ingeniería: equipos de campo

Los equipos empleados en el campo de trabajo, para la ejecución del levantamiento fotográfico fueron los siguientes:

Movilidad. Se utilizó un vehículo para transportar los equipos por seguridad ante una posible pérdida o robo.

Dron modelo Autel Evo 2 Pro. Este es el modelo de dron que se utilizó para realizar el levantamiento fotogramétrico y cuenta con un peso de 1.174 kg, sus dimensiones en vuelo son de 424*354*110 mm (largo, ancho y alto), tiene una velocidad máxima de 20 m/s con un tiempo máximo de vuelo de 40 minutos, tiene una distancia máxima de vuelo de 25 km, su almacenamiento interno de 8 gb y su sistema de detección de alta generación. La cámara permite la grabación en resoluciones de hasta 7680×4320 lo que posibilita hacer zoom en una escena, recortar la imagen o pasarse a 4K sin pérdida de calidad, su sensor permite tomar fotografías de hasta 48MP. Además, su lente admite una apertura del diafragma de hasta 1,8F, lo que lo hace ideal para bajas condiciones lumínicas. El equipo se observa en la siguiente figura 13.

Figura13

Dron modelo Autel Evo 2 Pro



Nota. En esta figura se muestra el dron en el punto de control, el mismo que realizará el levantamiento fotogramétrico siguiendo el plan de vuelo.

Mando inalámbrico y celular. El mando inalámbrico a distancia del EVO II admite la transmisión hasta a 9 km de distancia y permite la recepción y reproducción de video en tiempo real sin la necesidad de conectarse a un teléfono inteligente. Además del video en tiempo real, una pantalla OLED estándar de 3.26 pulgadas lo mantiene informado sobre información crítica, incluido el nivel de la batería, la señal de GPS y la velocidad de vuelo. A continuación, en la figura se presenta el mando inalámbrico.

Figura14

Mando inalámbrico para dron modelo Autel Evo 2 Pro



Nota. En esta figura se muestra el mando inalámbrico el cual se utilizó para nuestro levantamiento fotogramétrico.

Baterías. Para realizar este trabajo se utilizó 1 batería. cada una tiene un peso de 365 gr, con un voltaje de carga máxima de 13.2 v y con una capacidad de 7100 mAh. Cada batería puede durar entre 35 a 40 minutos de vuelo, esta debe tener una carga completa al momento de ser utilizadas. Las baterías se presentan en la siguiente figura.

Figura15

Baterías para dron modelo Autel Evo 2 Pro



Nota. En esta figura se presenta el modelo de batería la cual se utilizó para nuestro levantamiento fotogramétrico.

Maletín y conexiones. El maletín sirve para portar los equipos de trabajo. Las conexiones son objetos que se necesita el dron para poder realizar el levantamiento fotogramétrico, ya sea cargadores, enchufes, entre otros.

Figura16

Maletín y conexiones para dron modelo Autel Evo 2 Pro



Nota. En esta figura se muestra el maletín y algunas conexiones las cuales se utilizan para un levantamiento fotogramétrico.

Micro SD. Los drones tienen una gran capacidad de imagen por ello necesitan buenas tarjetas que sean rápidas y robustas con buena velocidad de lectura y de escritura. las tarjetas micro SD más rápidas para drones evitan las caídas de fotogramas y la pérdida de datos, y sobre todo aseguran una reproducción fluida cuando se graba en resoluciones más altas como 4K. en este trabajo se utilizó una tarjeta de memoria de 128 GB.

Figura17

Micro SD utilizado en el levantamiento fotogramétrico



Nota. En esta figura se muestra la memoria que se utilizó para nuestro levantamiento fotogramétrico la cual fue de 128 GB.

Instrumentos de ingeniería: equipos de gabinete

Los equipos empleados para el trabajo de gabinete y diseño fueron los siguientes:

Computador (laptop). Se utilizó una laptop con una buena memoria y sistema de almacenamiento, para instalar los softwares de procesamiento.

Software de procesamiento Ubisoft Metashape. Agisoft Metashape es un producto de software independiente que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales 3D para su uso en aplicaciones SIG, documentación del patrimonio

cultural y producción de efectos visuales, así como para mediciones indirectas de objetos de varias escalas. Metashape demuestra producir resultados precisos y de calidad (Roncacio, 2021). En este trabajo de investigación, el programa mencionado se utilizará para realizar el procesamiento de fotos y modelado 3d de la cubierta metálica de la Capilla Cristo Resucitado.

Software de procesamiento AutoCAD. Según (Martínez, 2022) AutoCAD es un software CAD, por sus siglas en inglés Computer Assisted Design o en español, diseño asistido por computadora. Es una tecnología desarrollada por Autodesk, que ha venido a revolucionar el mundo del diseño y la documentación técnica con un proceso automatizado. En el presente trabajo este programa de diseño se utilizará para tomar las dimensiones de la cubierta Metálica de la capilla Cristo Resucitado.

Programas de cálculo (Excel). El programa ofimático Excel es una herramienta nativa del sistema operativo Windows para realizar hojas de cálculo. Se trata de un software creado por la empresa Microsoft y es considerada como una de las soluciones más potentes en el ámbito laboral (Llamas, 2022). Este programa utilizaremos para elaborar el presupuesto final del costo de la cubierta metálica Cristo Resucitado.

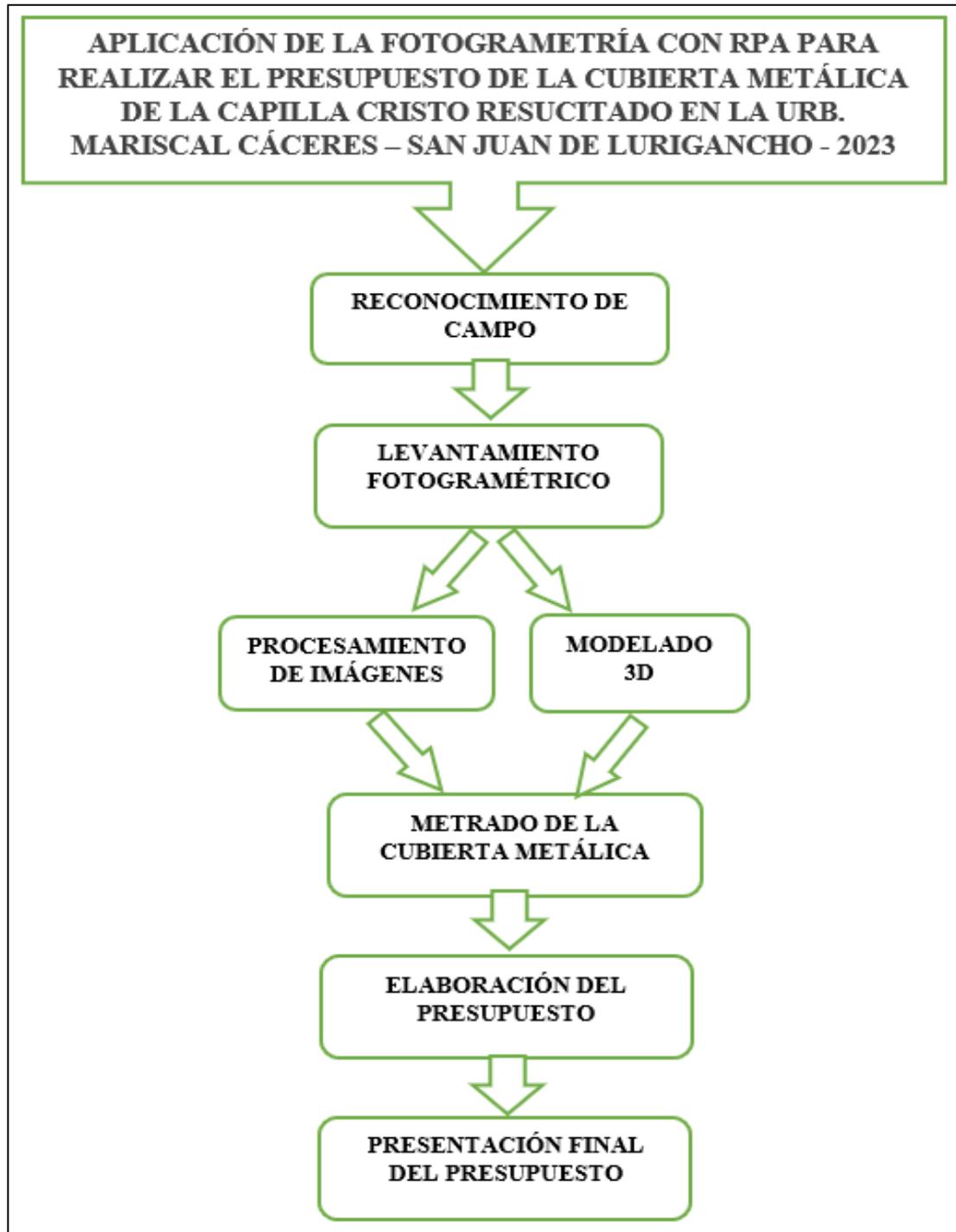
Programas procesamiento (Word). Es un programa de procesamiento de textos, diseñado para ayudar a crear documentos de calidad profesional. Con las mejores herramientas de formato de documentos, Word le ayuda organizar y escribir documentos de forma más eficaz. En este caso se utilizó para describir el trabajo de investigación.

Procedimiento de recolección y análisis de datos

La recolección y análisis de datos se realizó mediante el siguiente flujo de trabajo de manera general. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura18

Flujo de trabajo de procesamiento de datos



Nota. En esta figura se muestra de manera general el flujo de trabajo de recolección y análisis de datos. Los cuales se presentan más a detalle en los resultados.

Fase de Campo

La fase de campo comprende los siguientes procesos, los cuales se describen a continuación.

Reconocimiento de la zona de estudio. En esta fase se reconoció todo el área de estudio y el lugar de donde se va a realizar el punto de control del vuelo.

Levantamiento fotográfico. Una vez ubicado el lugar de control del vuelo se procedió a realizar el levantamiento fotogramétrico el cual duró aproximadamente 30 minutos.

Trabajo de Gabinete

Elaboración del modelado 3D. La fase de gabinete para la elaboración del modelado 3d comprende los siguientes procesos y se trabaja mediante el programa Agisoft Metashape profesional.

Primer paso. El primer paso consiste en añadir las imágenes

segundo paso. El segundo paso es orientar las imágenes

Tercer paso. El tercer paso es crear la nube de puntos densa

Cuarto paso. El cuarto paso es crear la malla

Quinto paso. En este paso se crea la textura

Sexto paso. Se crea el modelo de teselas

Séptimo paso. En el séptimo paso se crea modelo de elevaciones

Octavo paso. En este paso se crea el modelo de orto mosaico

Noveno paso. En el noveno paso se presenta el modelo 3d terminado

Décimo paso. Finalmente, en este paso de diseño el modelo 3d se exporta al AutoCAD

Realización del metrado de la estructura. En esta fase de gabinete se realiza en el programa AutoCAD y Excel y comprende los siguientes procesos.

Primero. Se configuran las unidades en la que va ser medida el modelo 3d

Segundo. Se realiza el metrado correspondiente de la cubierta

Tercero. Se elabora la planilla de metrados

Procedimiento de análisis de datos

Elaboración de presupuesto. Después de realizar el trabajo de gabinete se describen los procedimientos que se realizaron para el análisis de datos y elaboración de presupuesto.

Primero. Se elabora la cantidad de materiales y equipos que se van a utilizar en obra.

Segundo. Se elabora los análisis de precios unitarios y costo de mano de obra.

Tercero. Se realiza el cálculo del costo total de la obra.

Cuarto. Se define el presupuesto y se presenta al cliente.

Aspectos éticos

El trabajo de investigación se realizó con la total transparencia y honestidad debido a que se obtuvieron todos permisos del representante legal del lugar de estudio de campo y los equipos utilizados fueron debidamente probados y revisados antes de realizar el vuelo. También este trabajo se basó en los lineamientos del código de ética de la Universidad Privada de Norte, además de los reglamentos de construcción de las normas técnicas peruanas; dado que toda la información adquirida en este estudio de investigación se utilizó para fines académicos y empresariales, con el propósito de dar a conocer sobre la

importancia de la aplicación de la fotogrametría en el cálculo de estructuras aéreas y elaboración del presupuesto. Así mismo la información plasmada y recopilada en el este trabajo de investigación fueron de fuentes bibliográficas confiables que serán citadas en cada párrafo que se requiera.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

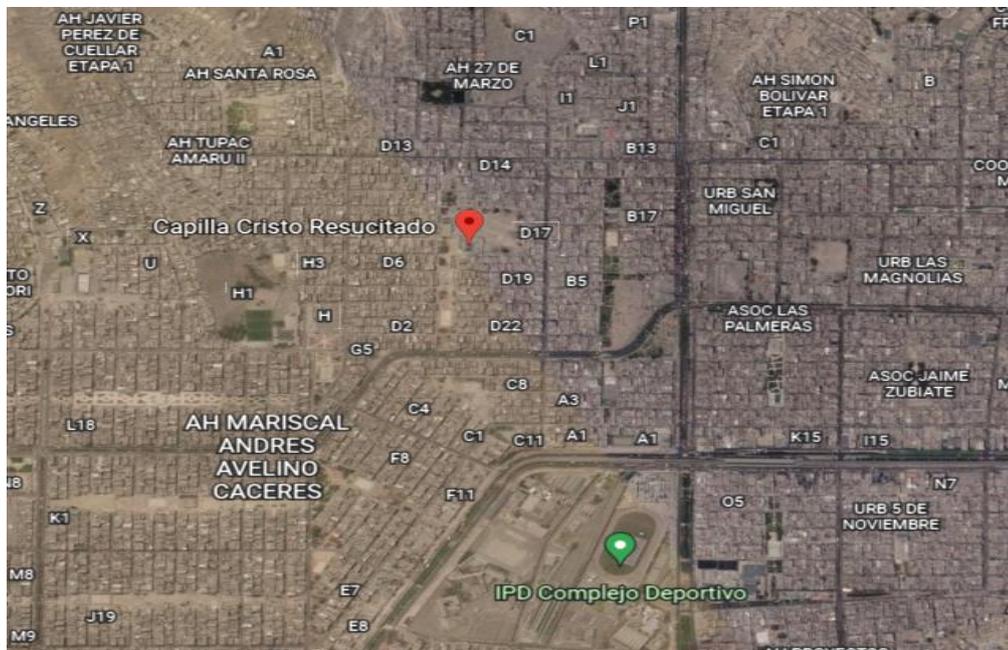
Recolección de datos

Recopilación de la información del área de estudio

Ubicación. La zona de estudio a nivel geográfico, está ubicada en calle Donovan, en la urbanización Mariscal Cáceres, distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima departamento de Lima. Con un área aproximado de 1649.47 m², con un perímetro de 157.00 ml, a una altura de 209 msnm. El objetivo de estudio está construido con estructura de acero. Actualmente presenta deterioro en su cobertura metálica que es de forma irregular, lo cual dificulta su medición por el tema de altura. Por ello se optó hacer uso de la fotogrametría con dron para calcular su área y hacer un presupuesto para renovar dicha cobertura.

Figura19

Ubicación y referencia de la capilla Cristo Resucitado



Nota. En esta figura se muestra la ubicación exacta de la capilla cristo resucitado, además de las accesos y principales instituciones que lo referencian. Adaptado de, ubicación y relieve, por Google Eart pro.

Clima y altitud de la zona. Según su ficha técnica San Juan de Lurigancho se considera que tiene un clima desértico con muy escasas precipitaciones en invierno, en los meses de enero, febrero y marzo es cálido y durante el resto del año es húmedo y templado con escasas precipitaciones y abundante nubosidad con cielo totalmente cubierto. La Nubosidad intensa se debe al conocido efecto de las aguas frías de la costa, la que produce una “neblina de advección” esta neblina es más fuerte y baja durante la noche dando origen a las “garuas” que azotan la zona en los meses de invierno. Lo cual permite la presencia de vegetación en las lomas de Mangamarca en el distrito.

Temperatura. La temperatura en los meses de verano oscila entre una máxima promedio de 29 °C y mínima promedio de 20 °C (mes referencia febrero, como representativo), obteniendo temperaturas promedio en verano de 24°C. En los meses de invierno las temperaturas entre una máxima promedio de 19 °C y mínima promedio de 14 °C (mes de representativo de referencia julio), obteniendo como temperatura promedio en invierno de 16 °C. Podría decirse que tiene una temperatura media anual de 20 °C

Precipitación. Los análisis estadísticos de la zona de estudio, nos dan los siguientes resultados: Precipitación promedio Anual: 21,57 mm.

Desviación Standard: 12,76 mm.

Coefficiente de variación: 0,005

Aplicando la ley de probabilidades se tiene que en este sector las precipitaciones pueden llegar a ser de 12 mm mayores o menores que 21 mm anuales, por lo tanto, se tiene un 50% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 8.8 y 34.3 mm. También hay un 37% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 12 y 30 mm al año.

Vientos. En nuestro litoral la tendencia del viento medio anual fluye desde las zonas costeras hacia el interior del continente, y se dirige hacia los valles que conforman las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín. El distrito de San Juan de Lurigancho se encuentra en la cuenca del río Rímac, como tal los vientos se dirigen hacia el con una velocidad media de 2 a 4 m/s con direcciones de componentes Sur y Suroeste principalmente

Geomorfología. Geomorfológicamente en la zona de estudio se diferencian: unidades de montaña, colinas y lomadas, piedemonte y planicies; cuyo origen está ligado a procesos tectónicos, gravitacionales y erosivos, ocurridos durante el ciclo geológico. Asimismo, estos ambientes se encuentran asociados a eventos recientes de desglaciación y movimientos en masa relacionados a eventos del fenómeno El Niño.

Investigación de campo

Fase de reconocimiento del área de trabajo

- Con la necesidad de renovar la cubierta de la capilla Cristo Resucitado, se inspeccionó la estructura metálica y el estado de los materiales y en acuerdo con el cliente, se tomó la decisión del cambio total de la cubierta, por lo cual se tenía que elaborar un presupuesto de construcción.
- Luego de la exploración y conociendo las características de dicha cubierta, se fijó el método de medición para calcular el área y elaborar un presupuesto de construcción, ante lo cual se optó por utilizar la fotogrametría con RPA. Por la altura de la estructura y así poder evitar accidentes.
- Entre la fase campo se inspeccionó el área de trabajo, escoger el lugar estratégico de donde monitorear y empezar el levantamiento con el dron. se optó por realizar desde el techo de la construcción que se ubica junto a la cubierta de la capilla. El reconocimiento de campo se presenta en la siguiente figura.

Figura20

Reconocimiento del área de trabajo



Nota. En esta figura la cubierta de la capilla Cristo Resucitado y punto del control del vuelo.

Descripción de trabajo de campo

Levantamiento fotogramétrico

- Primero se realizó la configuración del dron e inicio del plan de vuelo

Figura21

Programación del vuelo



Nota. En esta figura se muestra la configuración del dron e inicio del plan de vuelo

- Luego se hizo el despegue del dron siguiendo el plan de vuelo, y se realizó la toma de datos (imágenes aéreas). Se muestra en la siguiente figura.

Figura22

Dron siguiendo el plan de vuelo y toma de imágenes



- Después de volar por 30 minutos finalizó el vuelo y el dron regresó al punto de control. Se muestra en la siguiente figura

Figura23

Finalización del vuelo

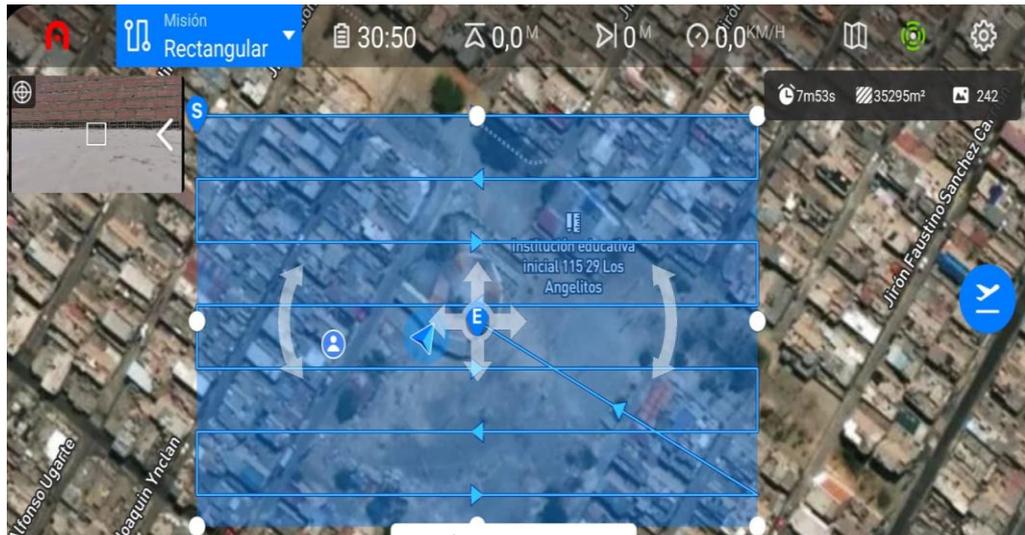


Resultado del plan de vuelo

- En el plan de vuelo su misión fue rectangular con una altura de 60 metros, con 7 pasadas por encima del objetivo y se muestra en la siguiente figura.

Figura24

Misión del vuelo



- Su velocidad de vuelo fue 14 km/h y el GSD 0.91cm/px. Lo cual se muestra en la siguiente figura.

Figura25

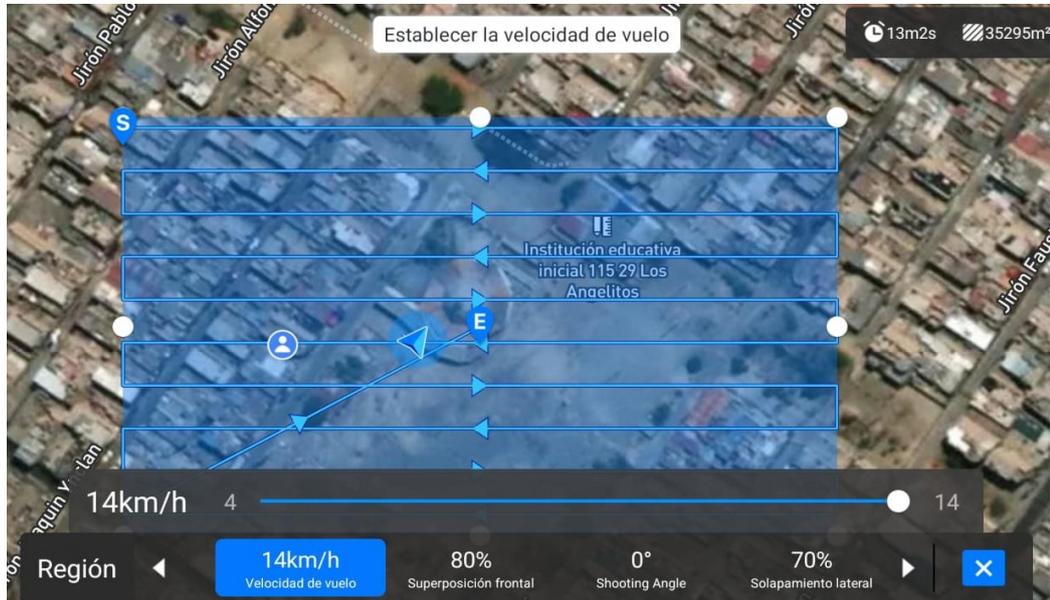
Velocidad de vuelo y GSD



- La superposición frontal fue de 80% y se muestra en la siguiente imagen.

Figura26

Superposición de vuelo



- El solapamiento lateral fue de 70%, el resultado se muestra en la siguiente figura 27.

Figura27

Solapamiento lateral



Procedimiento de datos para la obtención del modelo 3D

- El vuelo se realizó con el Dron Evo 2 Pro y se obtuvieron en total 409 imágenes, ubicados desde un solo punto de control. El modelado comprende el siguiente flujo de trabajo del programa Agisoft Metashape Profesional. como se muestra en la figura.

Figura28

Flujo de trabajo para modelado 3D

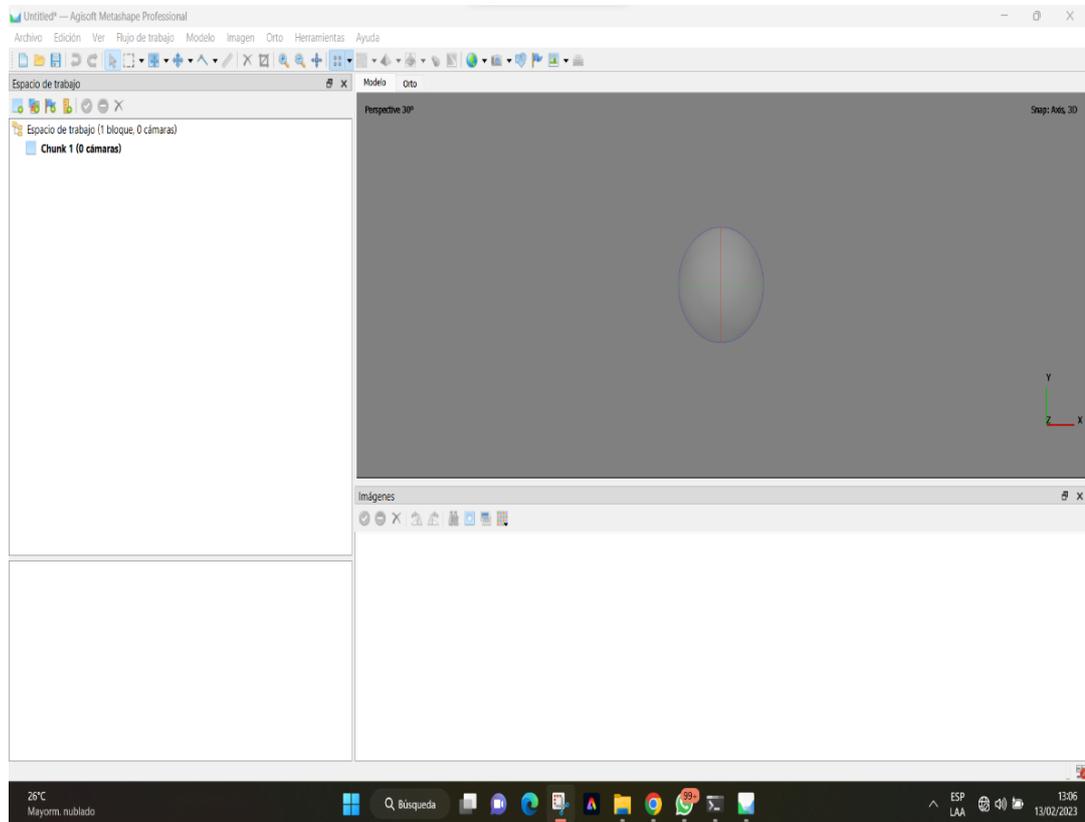


Nota. En esta figura se muestra los pasos que seguirá el proceso de imágenes hasta llegar al modelado 3d.

- El proceso se realizó mediante el programa de procesamiento Agisoft Metashape el cual se divide en tres pantallas principales que son espacio de trabajo, visualización de imágenes y modelo generado. El flujo de trabajo permite realizar todos los procesos de las imágenes en orden, esta herramienta va habilitando procesos nuevos a medida que se van generando.

Figura29

Área de trabajo principal



Nota. En esta figura se muestra las 3 pantallas del área de trabajo de Agisoft Metashape, aun sin añadir las fotografías.

Primer paso: importación de imágenes

- Para comenzar con nuestro procesamiento de fotografías obtenidas mediante la aeronave, el primer paso a seguir es importar todas las imágenes, para ello vamos al menú de opciones en Flujo de trabajo->Añadir fotos y seleccionaremos nuestra carpeta de imágenes y posteriormente procederemos a cargarla.

Figura30

Ventana de añadir fotografías

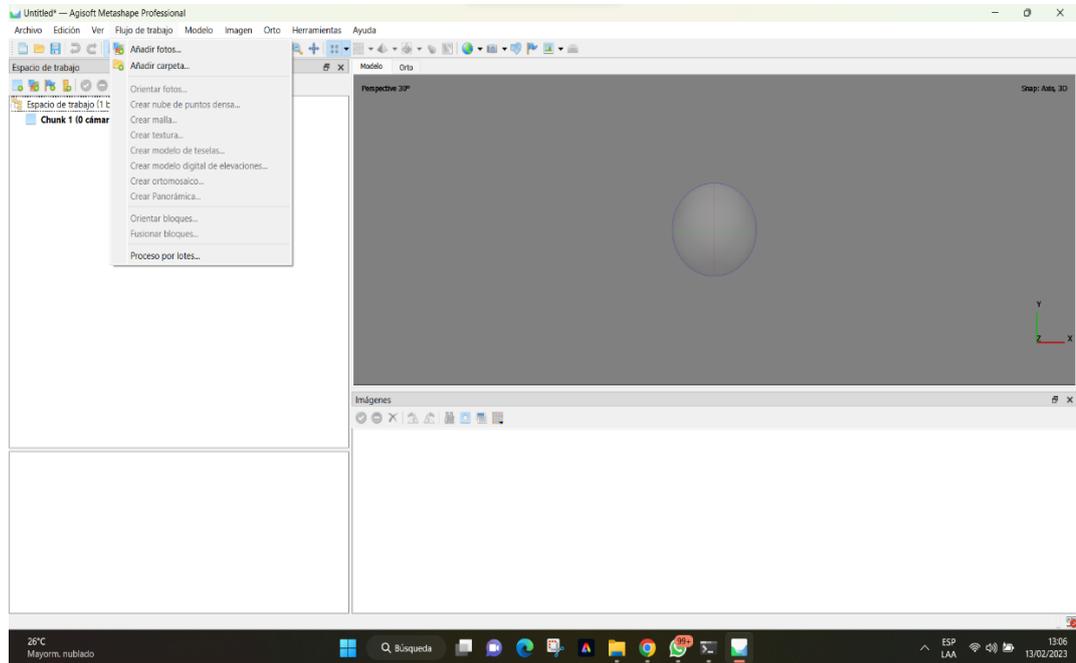


Figura31

Carga de fotografías

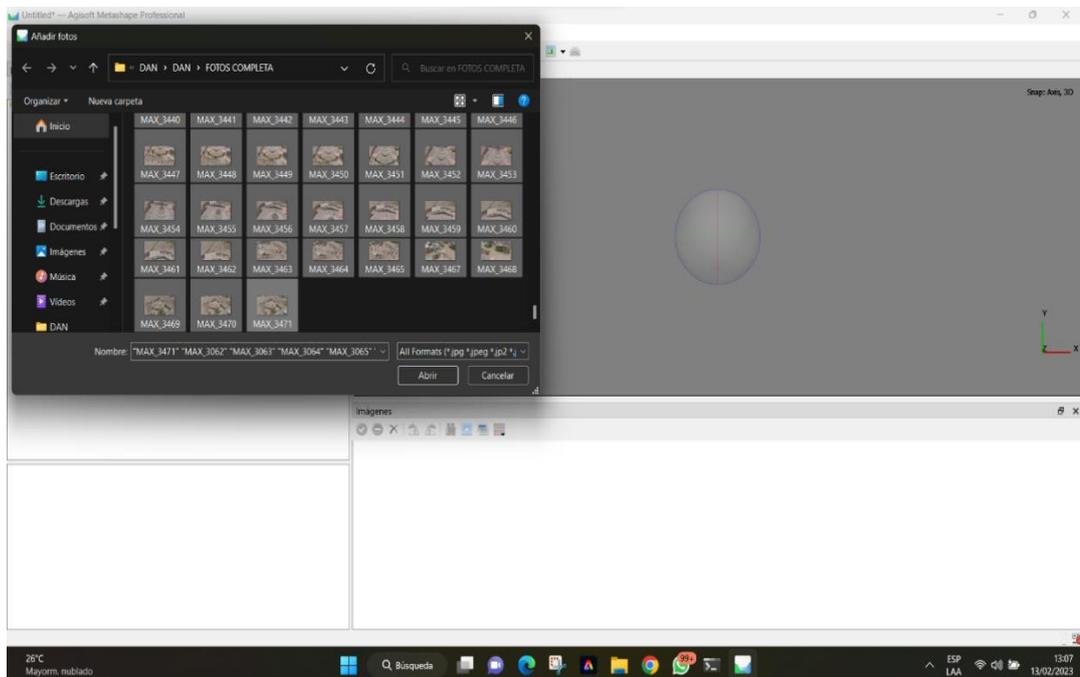
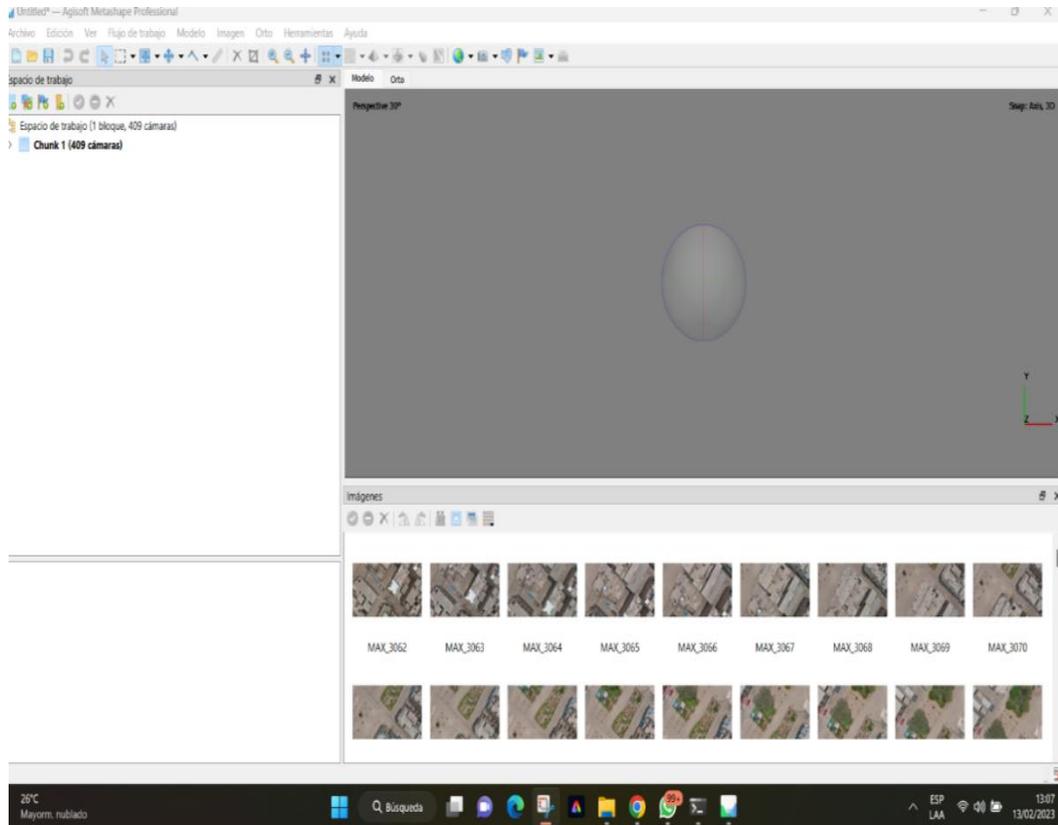


Figura32

Visualización de las fotografías importadas



Nota. En esta figura se muestra todas las 409 imágenes cargadas las cuales tienen un tiempo de proceso según la capacidad del equipo de procesamiento.

Segundo paso: orientación de imágenes

- Una vez que las fotos se cargan en Metashape, el primer procedimiento para orientar las imágenes es ver que todas tienen que estar alineadas. En esta etapa Metashape encuentra la posición de la cámara y la orientación de cada fotografía. Para ello nos dirigimos al menú de opciones *Flujo de trabajo->Orientar fotos*. Inmediatamente se abre un cuadro indicado los parámetros con los que deseamos la calidad de nuestros productos.

Figura33

Ventana de orientación fotos

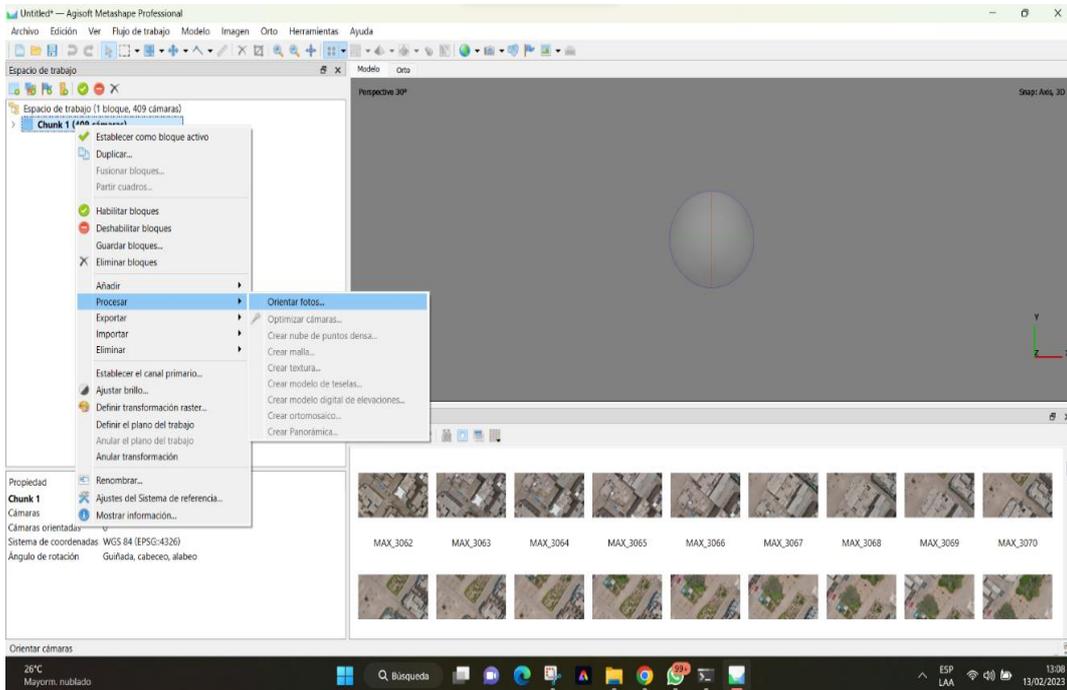


Figura34

Proceso de orientación de fotos

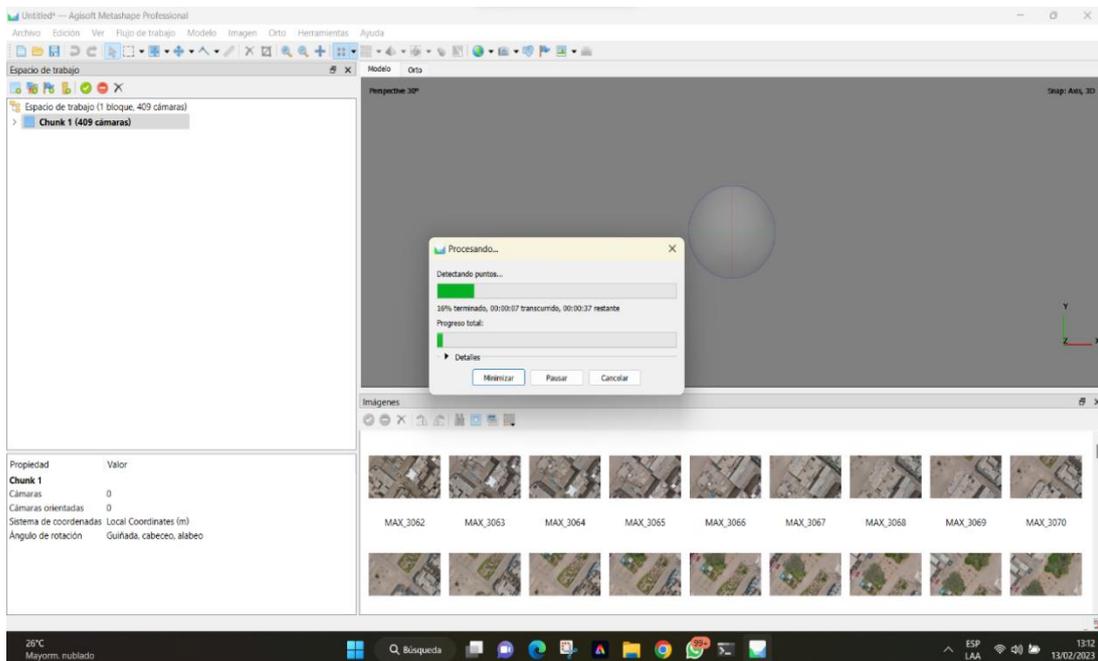
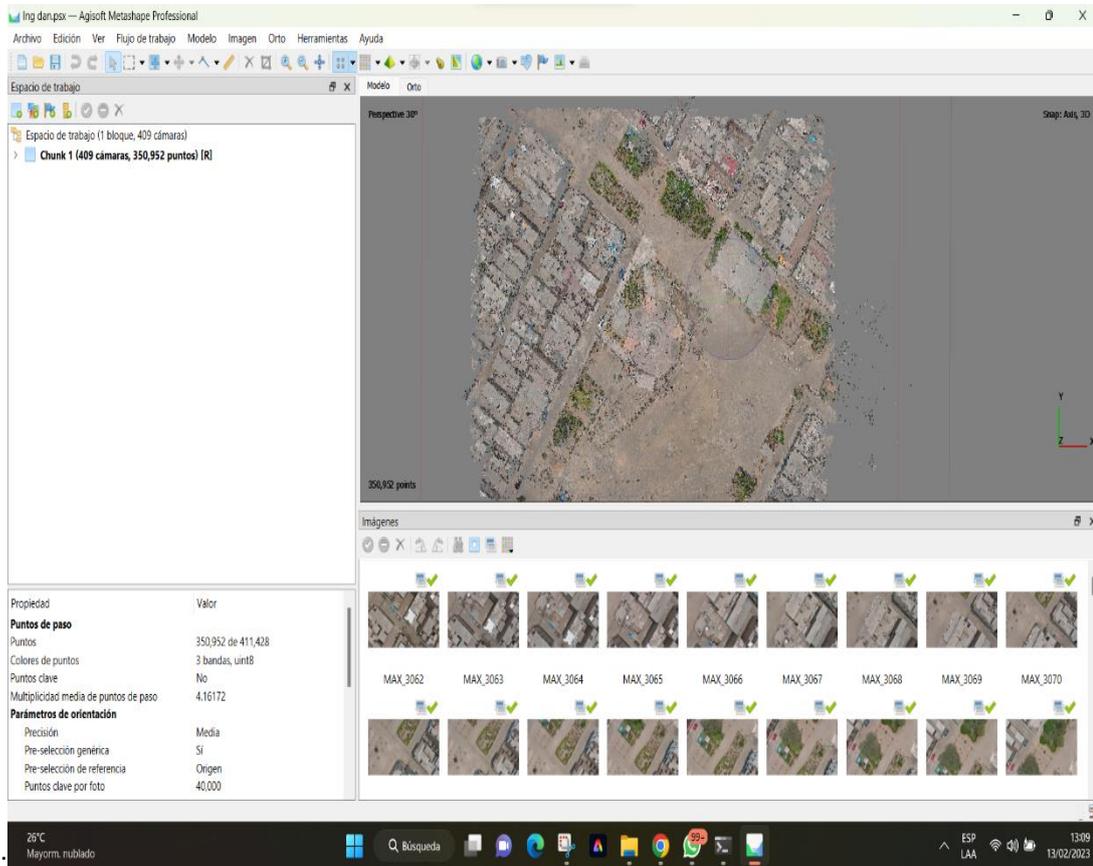


Figura35

Fotos orientadas



Nota. En esta figura se muestra las fotos orientadas, las cuales ya van formando el modelado de la cubierta.

Tercer paso: crear nube de puntos densa

- Metashape permite generar y visualizar un modelo de nube de puntos densa. Con base en las posiciones estimadas de la cámara el programa calcula la información de profundidad para cada cámara que se combinan en un solo punto de enturbiamiento denso. Flujo de trabajo->Crear nube de puntos densa.

Figura36

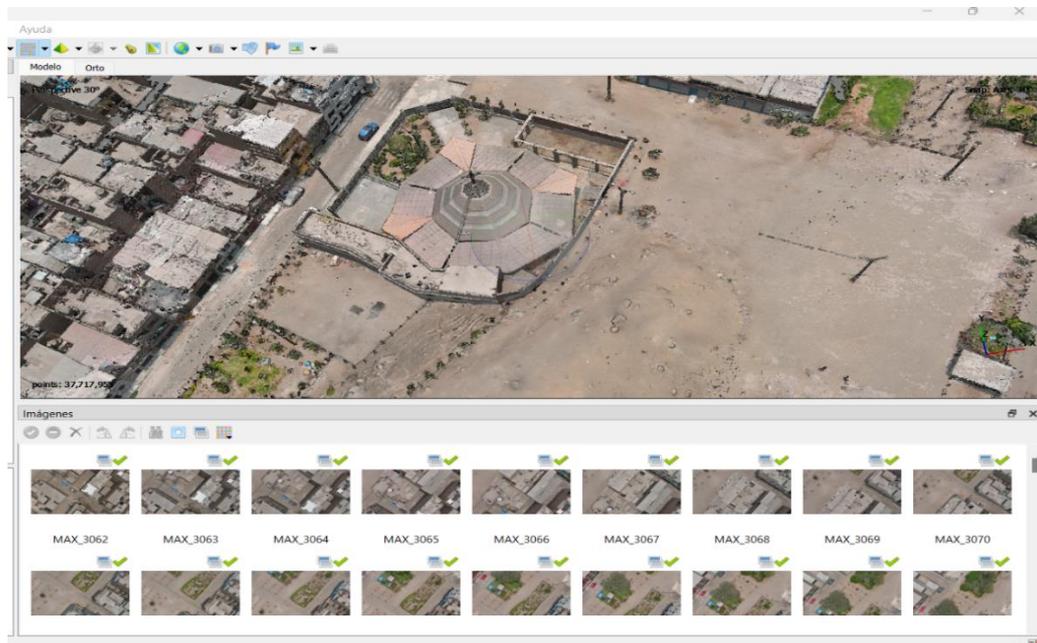
Flujo crear puntos densa



- Después que creamos los puntos densa este es el resultado

Figura37

Vista planta nube de puntos densa



Cuarto paso: crear la malla

- Basándose en la información de la nube de puntos densa. Metashape puede reconstruir un modelo poligonal - malla. *Flujo de trabajo->Crear malla...*

Figura38

Creación de malla

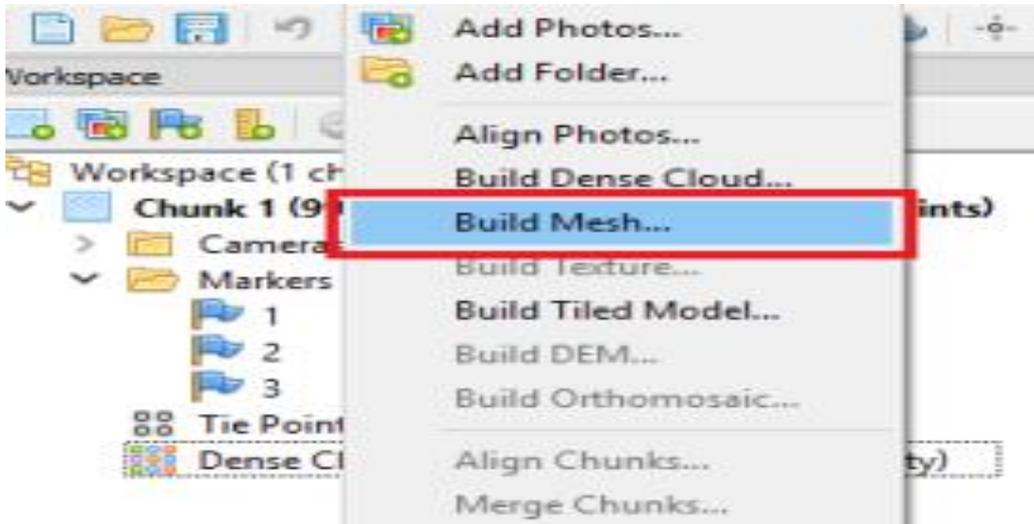
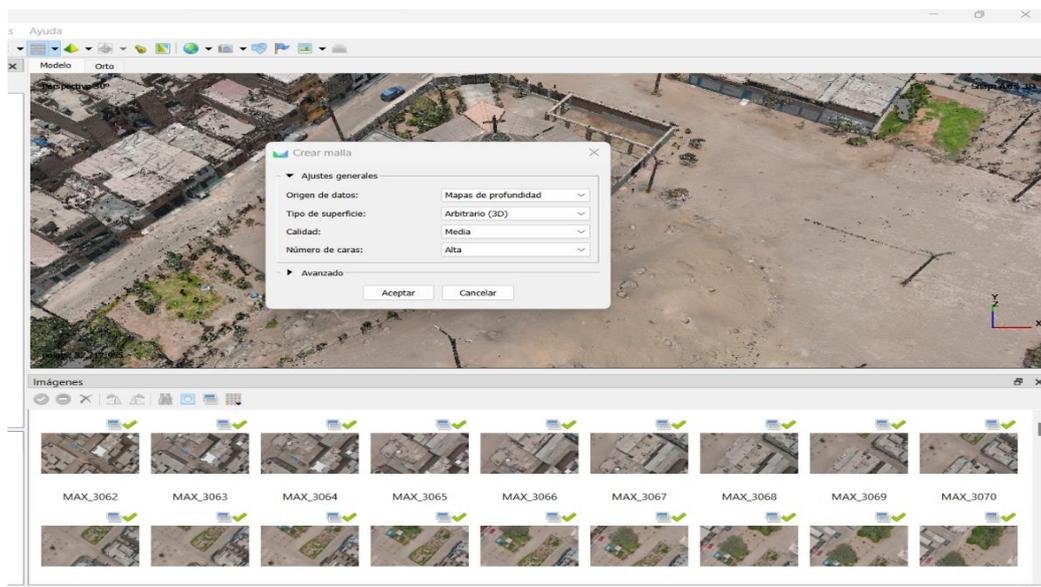


Figura39

Resultado creación de malla



Quinto paso: crear textura

- La textura del proyecto se genera a partir de la malla calculada, continuando con el proceso, nos vamos a flujo de trabajo desplegamos las opciones y seleccionamos *Flujo de trabajo->Crear textura*, de igual forma podemos cambiar los parámetros

como intensidad o corrección de la textura por color o rellenos de agujeros del modelo. Para finalizar, una vez obtenida la malla crearemos la textura.

Figura40

Ventana de crear textura

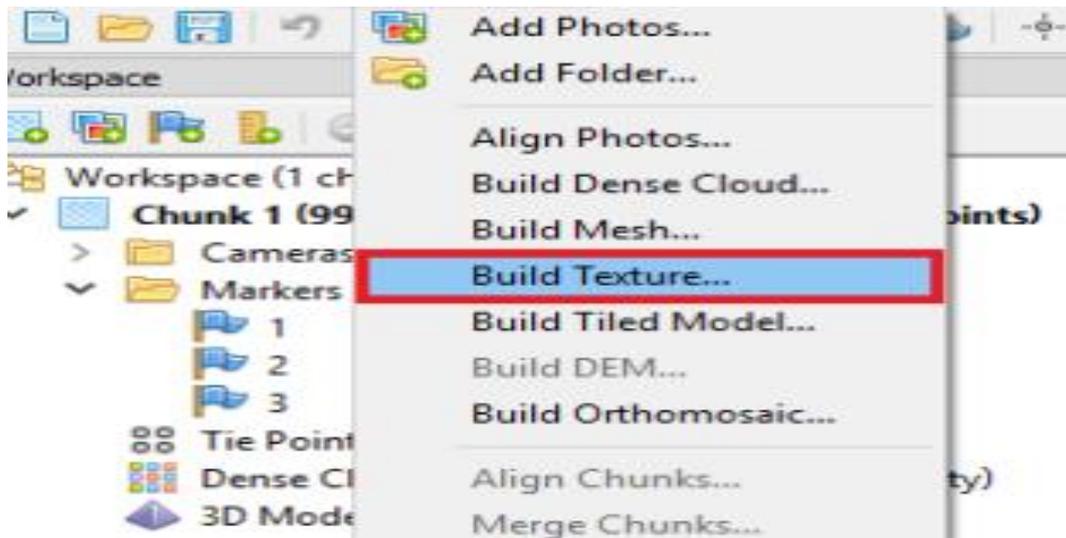
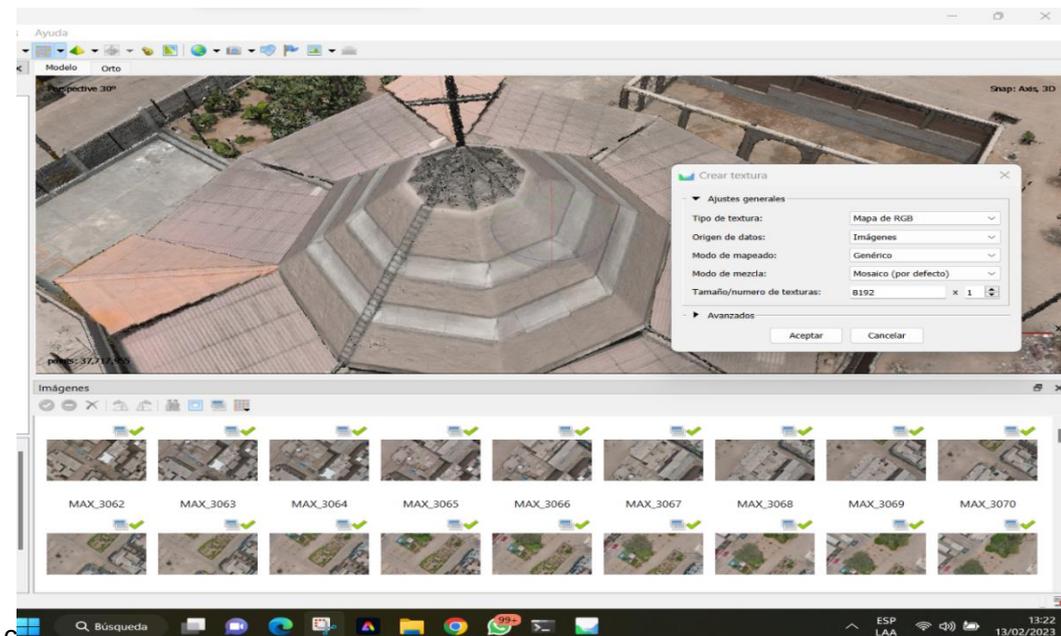


Figura41

Textura creada

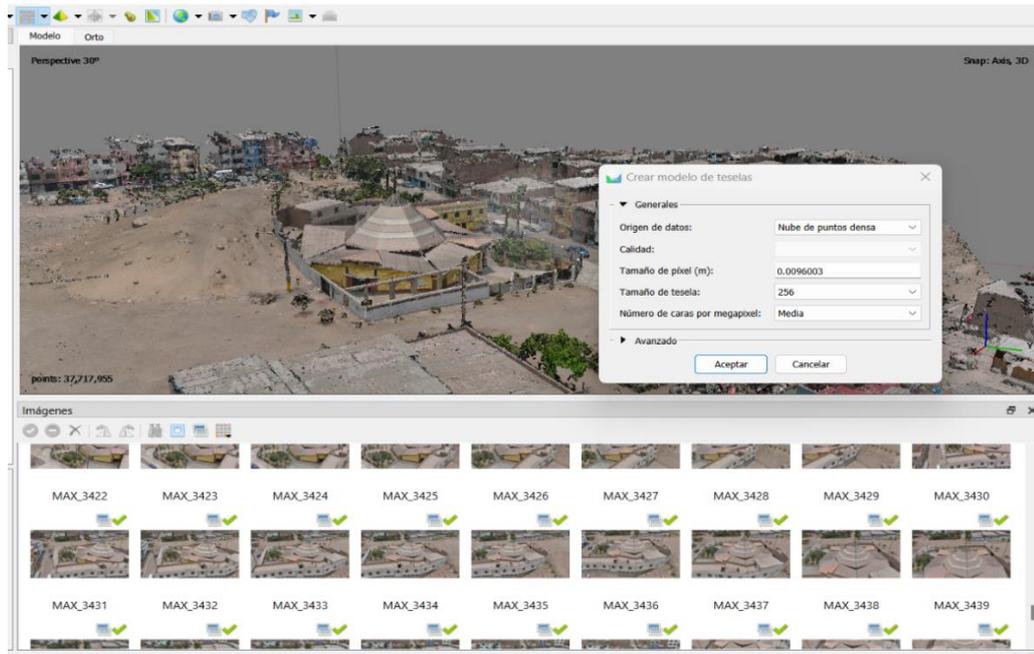


Sexto paso: crear modelo de teselas

- El modelo de teselas es un post proceso al 3d, donde ya se va formando el modelado. Y se presenta en la siguiente imagen.

Figura42

Modelo Teselas

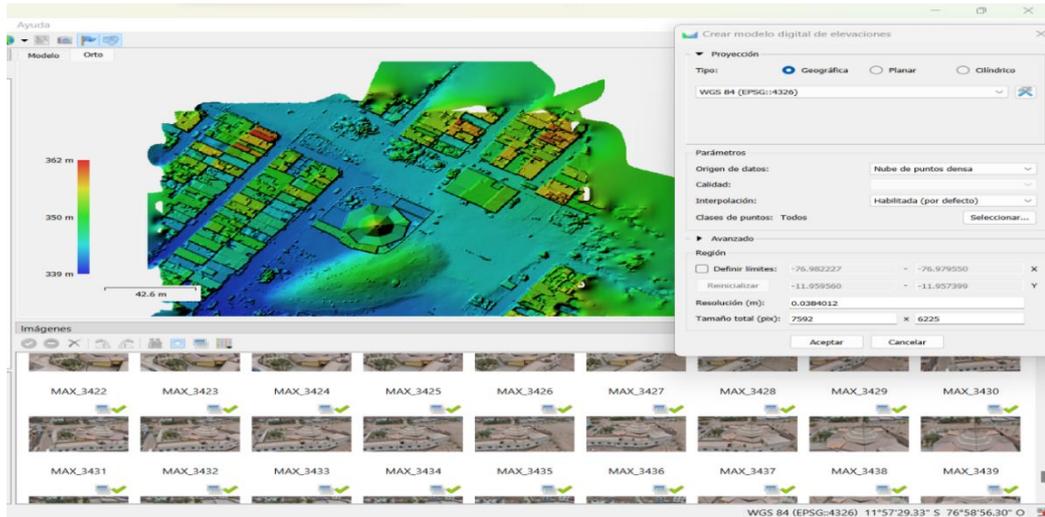


Séptimo paso: crear modelo de elevaciones

- El modelo digital de elevación es uno de los productos con mayor interés en el procesamiento de imágenes, ya que a partir de esta imagen ráster es posible generar imágenes digitales de terreno, curvas de nivel, entre otros. Para la creación del MDE es necesario continuar en flujo de trabajo y crear modelo digital de elevación. este modelo ya se puede observar donde es el punto más alto del levantamiento, siempre con referencia a metros sobre el nivel del mar.

Figura43

Modelo de elevaciones

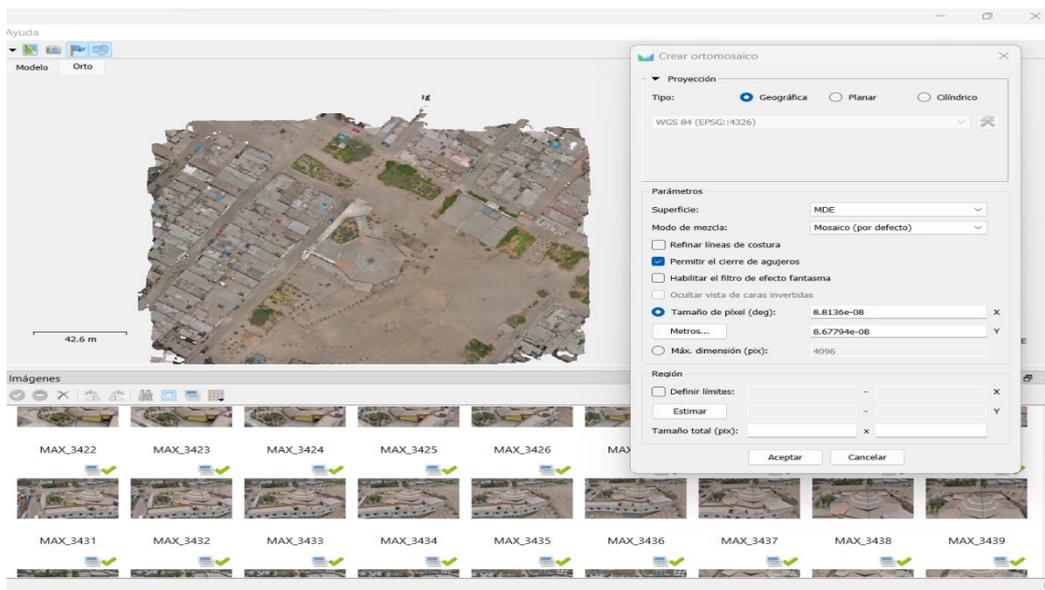


Octavo paso: crear orto mosaico

El Ortho mosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes. Este es el último proceso de imágenes y como producto final en él se pueden realizar medidas lineales de gran precisión. Para realizar el Ortho mosaico nos dirigimos a trabajo de flujo y damos clic en crear Ortho mosaico.

Figura44

Modelo Ortomosaico



Noveno paso: reporte final modelo 3d terminado

- El noveno paso a realizar es generar el reporte final de los procesos, para eso damos clic derecho en el espacio de trabajo, luego desplegamos exportar y generar reporte.

Figura45

Generar reporte final

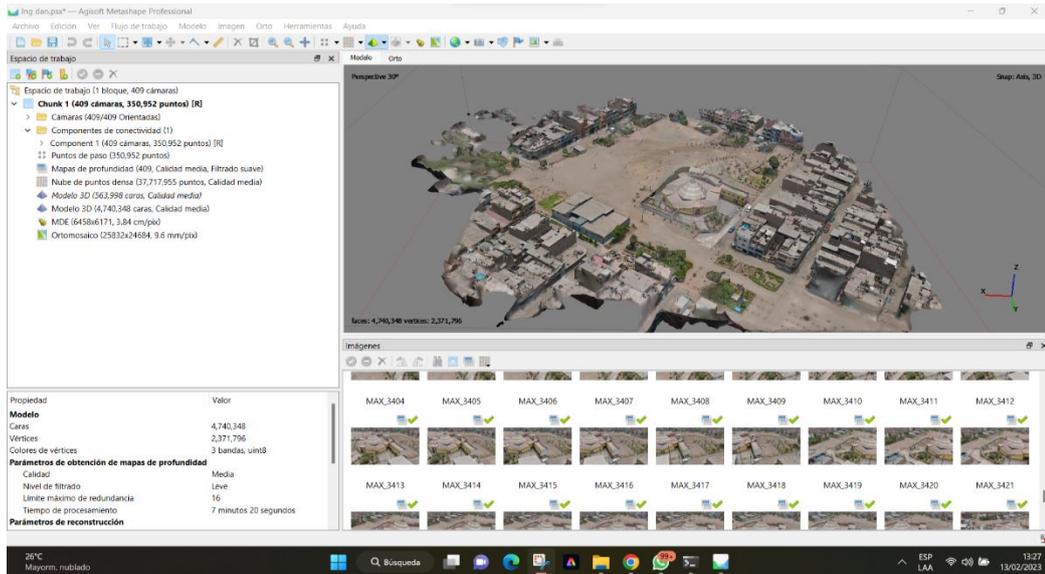
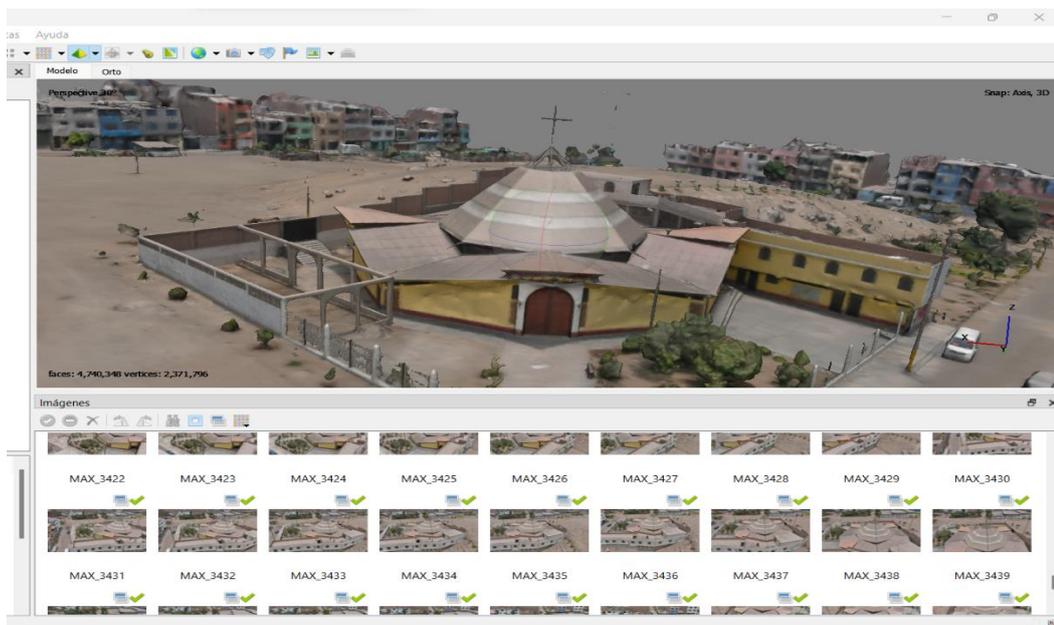


Figura46

Reporte final generado



Décimo paso: exportar al AutoCAD

- Primero, se tiene que limpiar o eliminar lo que no es necesario dentro del objeto 3d, en este caso solo dejamos el área de construcción de la capilla Cristo Resucitado.

Figura47

Limpieza de objetivo

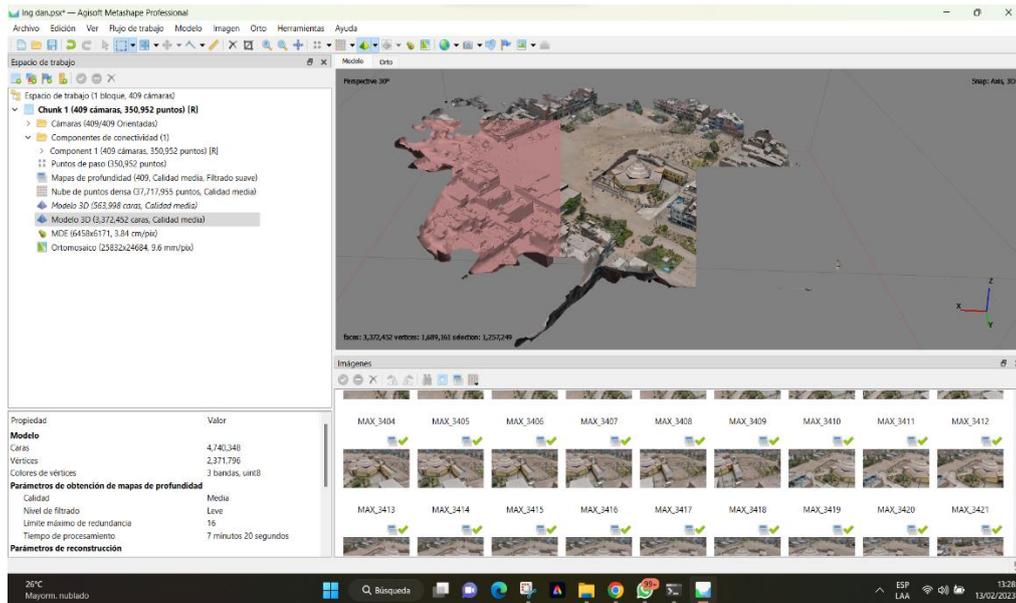
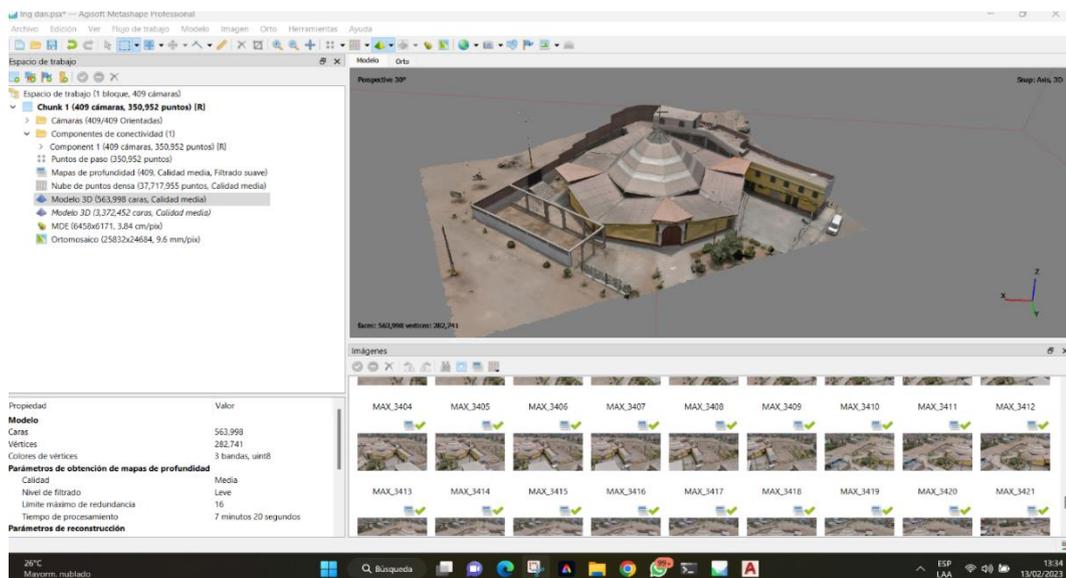


Figura48

Objetivo listo para exportar al AutoCAD



- Luego seleccionamos el modelo 3d y exportamos al programa AutoCAD.

Figura49

Proceso para exportar al AutoCAD

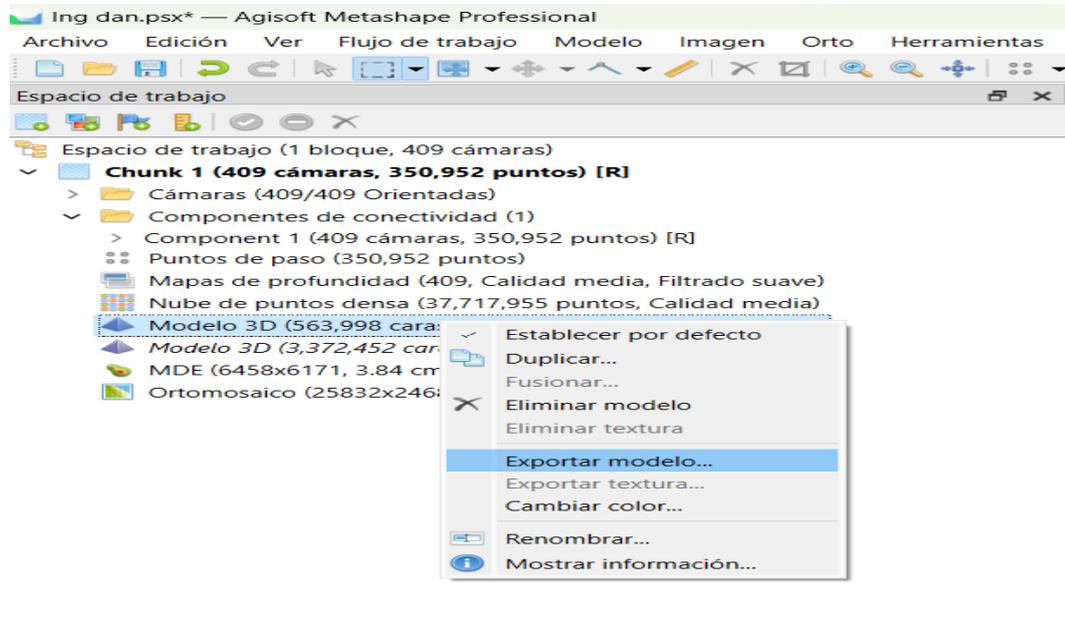


Figura50

Búsqueda del programa

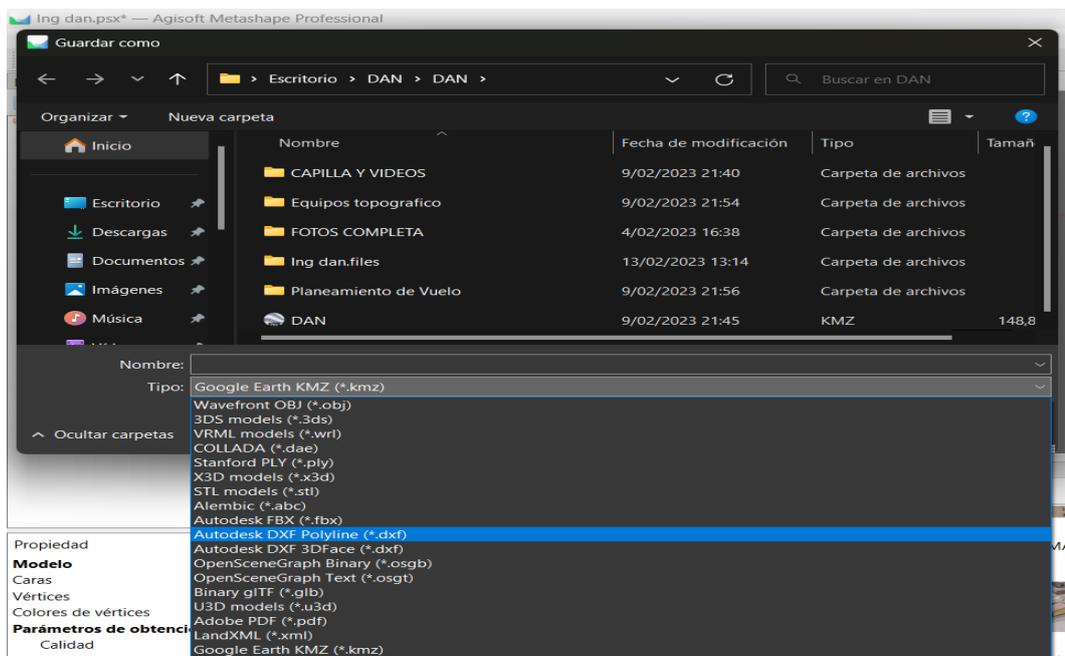
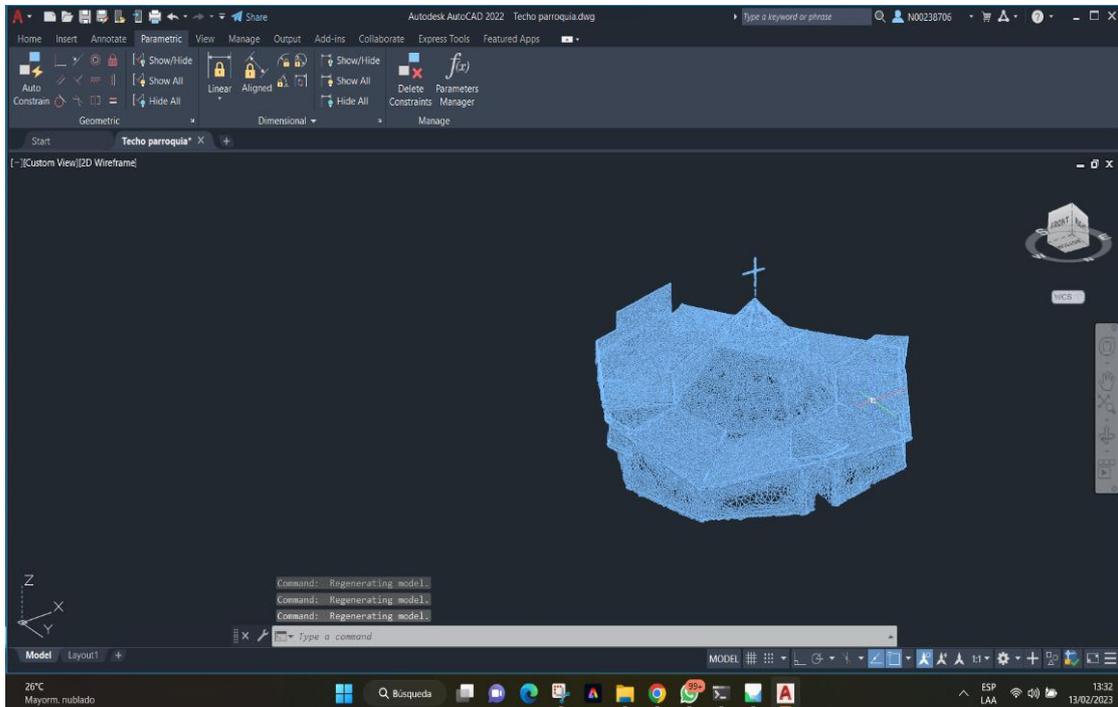


Figura51

Modelo 3D exportado al AutoCAD



Procedimiento para obtener el metrado de las dimensiones de la cubierta

Para realizar este proceso de se tiene que tener instalado el programa de AutoCAD en nuestro equipo de trabajo.

Obtención del metrado

- Una vez abierto el programa de AutoCAD, abrimos el archivo de la carpeta damos abrir. AutoCAD<open < carpeta < open. Luego configuramos las unidades de medidas las cuales tienen que estar en metros y procedemos a medir las dimensiones de la cubierta, pero como es de forma irregular vamos a dividir por áreas marcando con líneas de colores en los bordes.

Figura52

Cubierta lista para medir el área

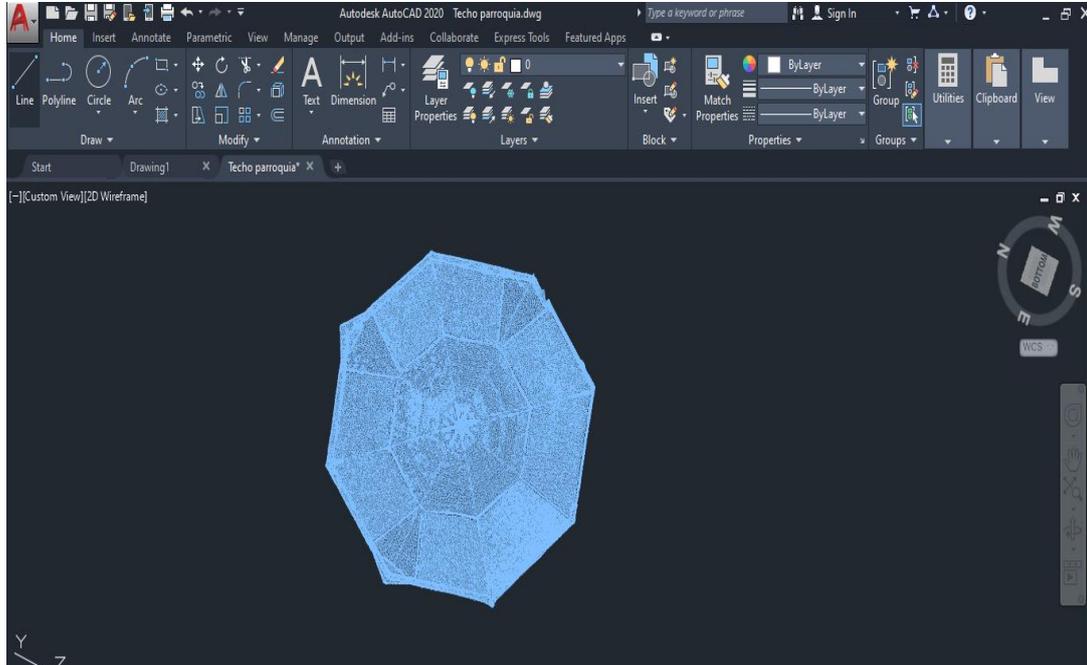


Figura53

Marcación de áreas de la cubierta

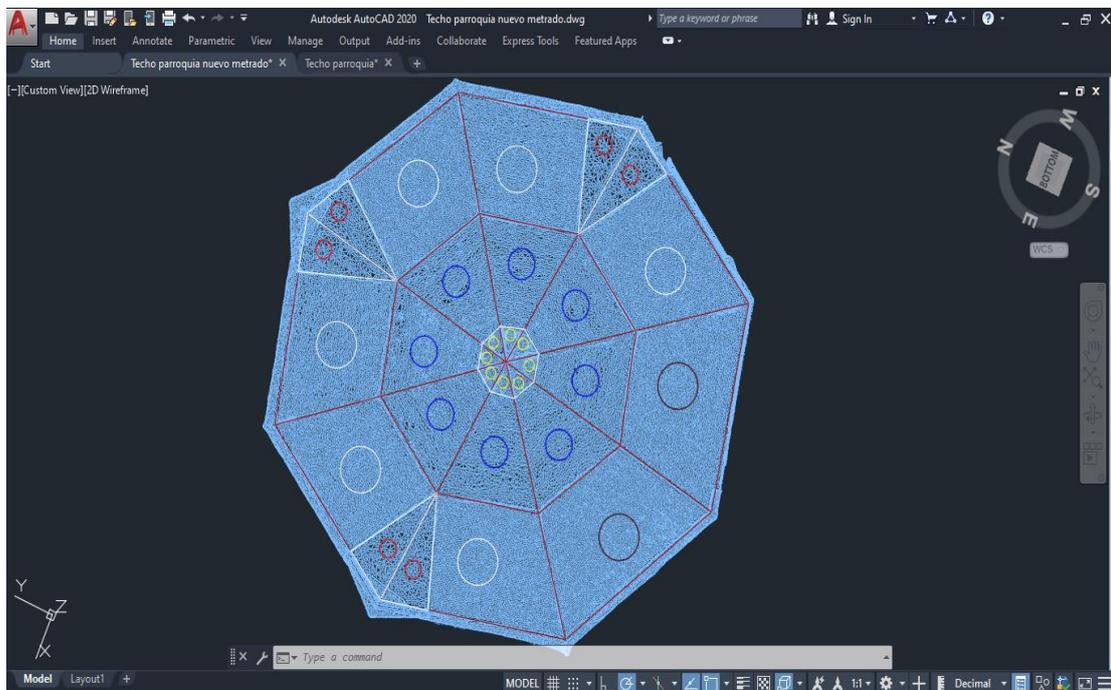
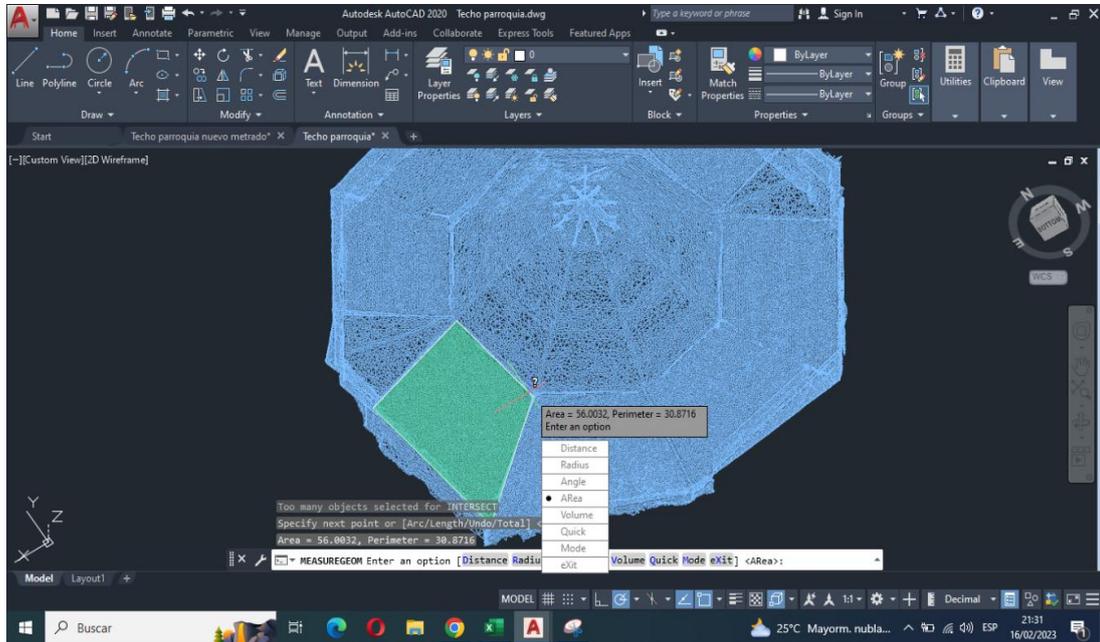


Figura54

Medición de áreas de la cubierta



Planilla de resumen de metrado

- Luego se realizó nuestro resumen de metrados de cada área haciendo un total de 791.36 m² y también se elaboró el metrado para cada trabajo a realizar.

Figura55

Resumen de metrados

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	PROYECTO: CAMBIO DE CUBIERTA METÁLICA CAPILLA CRISTO RESUCITADO SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA									
2										
3										
4			DESCRIPCIÓN	Nº VECES	ÁREA	ÁREA TOTAL	UND			
5			ÁREA		8.00	1.97	15.76	M2		
6			ÁREA		8.00	31.19	249.52	M2		
7			ÁREA		6.00	56.03	336.18	M2		
8			ÁREA		2.00	64.62	129.24	M2		
9			ÁREA		6.00	10.11	60.66	M2		
10										
11			TOTAL			791.36	M2			
13										

Figura56

Resumen de metrados para cada trabajo

ITEM	PROYECTO: CAMBIO DE CUBIERTA METÁLICA CAPILLA CRISTO RESUCITADO, SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA	UNIDAD DE MEDIDA	COLOR DE CADA ÁREA	ÁREA TOTAL
OE.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES			
01.01.00	CONSTRUCCIONES PROVICIONALES			
01.01.01	CASETA DE GUARDIANÍA	m2		20
01.01.02	CARTEL DE OBRA, DE 2.00 X 3.00	und		1
01.02.00	TRABAJOS PRELIMINARES			
01.02.01	DESMONTAJE DE PLANCHAS FIBROCEMENTO	m2	● ● ●	714.94
01.02.02	DESMONTAJE DE TECHO DE PLÁSTICO TRANSPARENTE	m2	● ●	76.42
01.02.03	DESMONTAJE DE MALLA DE ACERO RECUBIERTA CON PVC	m2	●	15.76
01.02.04	DESMONTAJE DE CANALETAS DE ALUMINIO	ml		31.08
01.02.05	DESMONTAJE DE PLACAS FIBROCEMENTO	m2	● ● ●	714.94
01.02.06	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA METÁLICA	m2	● ● ● ● ●	791.36
OE.02	ESTRUCTURAS			
02.01.00	COBERTURAS METÁLICAS			
02.01.01	INSTALACIÓN DE PLACAS DE FIBROCEMENTO	m2	● ● ●	714.94
02.01.02	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO	m2	● ● ●	714.94
02.01.03	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTICO	m2	● ●	76.42
02.01.04	INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO	m2	●	15.76
02.01.05	INSTALACIÓN DE CANALETA DE ALUMINIO.	ml		31.08

Nota. En esta figura se presenta el resumen de metrados, en el cual se ha sumado todas las áreas donde se va a realizar el respectivo trabajo mencionado en la planilla.

Análisis de costos

Lista y costo de materiales

- La lista de materiales se elaboró según el metrado correspondiente para cada trabajo, y el costo se realizó mediante el análisis comparativo del precio de los materiales con las debidas cotizaciones realizadas en algunas tiendas comerciales de la zona, donde se tomó en cuenta la calidad de los mismos y según ello se elaboró la lista y costo de materiales siendo el total de **51367.13** soles, como se muestra en la siguiente figura.

Figura57

Lista y costo de materiales

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	PROYECTO: CAMBIO DE CUBIERTA METÁLICA CAPILLA CRISTO RESUCITADO SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA								
3	MATERIALES								
4	OE.1 OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES								
5	TOTAL SOLES							51,367.13	
6	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL				
7	PERNOS	UND	8	12.00	96.00				
8	CHAPA NACIONAL	UND	1	45.00	45.00				
9	COLA SINTETICA	GLN	1	13.00	13.00				
10	MADERA ROBLE	LISTÓN	12	20.00	240.00				
11	TRIPLAY Y LUPUNA	PL	10	45.00	450.00				
12	CALAMINA GALVINIZADA SIMPLE	UND	10	35.00	350.00				
13	CLAVOS 4"	KG	4	8.00	32.00				
14	CLAVOS 3"	KG	3	8.00	24.00				
15	CLAVOS 2"	KG	4	8.00	32.00				
16						TOTAL	1,282.00		
17	OE.02 ESTRUCTURAS								
18									
19	PLACAS DE FIBROCEMENTO 4mm	UND	255	40.00	10,213.43				
20	PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO	UND	238	150.00	35,747.00				
21	PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTICO	UND	25	75.00	1,910.50				
22	MALLA DE ACERO REVESTIDO CON PVC	M2	16	10.00	157.60				
23	CANAleta DE ALUMINIO	ML	31	20.00	621.60				
24	PERNOS DE 3" CON TAPA	KG	70	12.00	840.00				
25	BARRAS DE SOLDADURA	UND	50	2.50	125.00				
26	LISTONES DE MADERA 3"	UND	8	40.00	320.00				
27	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 8	KG	15	10.00	150.00				
28						TOTAL	50,085.13		
29									
30									

Nota. En esta figura se presenta la lista de materiales, su medida, la cantidad, el precio unitario y el costo total en soles.

Lista y costo de herramientas

- La lista de herramientas y precio de alquiler se elaboró en base a cotizaciones realizadas en algunas tiendas de alquiler. Y se optó por la que cotizó a menor precio haciendo un total de 3875 soles, para 15 días de trabajo, como se muestra en la siguiente figura.

Figura58

Costo de alquiler de equipos y herramientas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	PROYECTO: CAMBIO DE CUBIERTA METÁLICA CAPILLA CRISTO RESUCITADO SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA									
4	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS									
6	OE.1	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES							TOTAL	3875
8	HERRAMIENTA O EQUIPO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	P. PARCIAL	DIAS TRABAJO	P. FINAL (soles)		
9	CAMION DE CARGA 2 toneladas		UND	1.0000	400	400	1	400		
10	ANDAMIOS METÁLICOS		UND	5.0000	8	40	15	600		
11	ARNES DE SEGURIDAD		UND	10.0000	5	50	15	750		
12	HERRAMIENTAS MANUALES		UND		5	5	15	75		
13	CAMIONETA DE TRANSPORTE PERSONAL		UND	1.0000	50	50	15	750	2575	
15	OE.02	ESTRUCTURAS								
17	CORTADORA METÁLICA		UND	2.0000	10	20	15	300		
18	TALADRO ENTORNILLADOR		UND	2.0000	10	20	15	300		
19	POLEA		UND	2.0000	10	20	5	100		
20	SORDADORA MANUAL		UND	2.0000	20	40	15	600		
21									1300	

Nota. En esta figura se presenta la lista de herramientas, la cantidad y el costo total en soles, para 15 días de trabajo.

Costo de mano de obra

- Para calcular el costo directo de mano de obra, primero se realizó la planilla de metrados luego el análisis de precios unitarios (APU). para cada trabajo a realizar, los rendimientos se determinaron mediante la información de CAPECO, la revista costos y en base a experiencia de trabajo. El resultado fue el siguiente como se muestra en la siguiente figura.

Figura59

Costo de mano de obra

A	B	C	D	E	F	G
ITEM	PROYECTO: CAMBIO DE CUBIERTA METÁLICA CAPILLA CRISTO RESUCITADO SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA	UND	METRADO S	APU (SOLES)	TOTAL (soles)	
1						
2						
3	OE.01					
4						
5	01.01.00					TOTAL
6	01.01.01	m2	20.00	51.91	S/. 1,038.20	
7	01.01.02	und	1.00	349.04	S/. 349.04	S/. 20,869.99
8	01.02.00					
9	01.02.01	m2	714.94	2.87	S/. 2,051.88	
10	01.03.00	m2	76.42	1.40	S/. 106.99	
11	01.03.01	m2	15.76	4.42	S/. 69.66	
12	01.03.02	ml	31.08	3.84	S/. 119.35	
13	01.03.03	m2	714.94	2.22	S/. 1,587.17	
14		m2	791.36	1.17	S/. 925.89	
15					S/. 6,248.17	
16	OE.02					
17						
18	02.01.00					
19	02.01.01	m2	714.94	6.01	S/. 4,296.79	
20	02.01.02	m2	714.94	13.59	S/. 9,716.03	
21	02.01.03	m2	76.42	4.81	S/. 367.58	
22	02.01.04	m2	15.76	5.32	S/. 83.84	
23	02.01.05	ml	31.08	5.07	S/. 157.58	
24	02.01.06					
25					S/. 14,621.82	

Nota. En esta figura se presenta el costo total de mano de obra, se elaboró mediante el análisis de precios unitarios para trabajos provisionales y estructuras sumando un total de 20869.99 soles.

Estimación del presupuesto de obra

- Luego del análisis de costos de herramientas, materiales y mano de obra. Se estableció los gastos generales y utilidades de la obra más IGV. Ascendiendo a un total del presupuesto de 100589.77 soles, como se muestra en la siguiente figura.

Figura60

Estimación de presupuesto final

PRESUPUESTO FINAL		
	COSTO DIRECTO	S/ 76,112.12
OE.01	OBRAS PROVISIONALES	S/ 10,105.17
OE.02	ESTRUCTURAS	S/ 66,006.95
	GASTOS GENERALES	S/ 1,522.24
	Gastos generales fijos (0.2%)	S/ 1,522.24
	UTILIDADES	S/ 7,611.21
	Gastos de utilidades (10%)	S/ 7,611.21
	SUBTOTAL	S/ 85,245.57
	IGV (18%)	S/ 15,344.20
	TOTAL	S/ 100,589.77

Nota. En esta figura se presenta el presupuesto total de obra para este proyecto de construcción de cubierta. Dicho presupuesto sería a todo costo y sería entregado en un plazo máximo de 15 días calendarios.

Presentación final del presupuesto

- Luego de realizar los análisis de costos respectivos se presentó al cliente el presupuesto final, especificando como se va a realizar el trabajo. El formato de presupuesto se presenta en la siguiente figura.

Figura61

Presentación final del presupuesto

		
Representante Legal: Ing. Dan Colunche M.		
Dirección:	Mz D21. Urb. Mariscal Cáceres - SJL	Nombre: Señores: Parroquia La Buena Nueva
Teléfono:	926338073	Dirección: Jr. Donovan s/n
E-mail:	dancomiranda@gmail.com	Teléfono:
Fecha presupuesto	26-Feb	Validez:
DESCRIPCIÓN	DETALLE	TOTAL
DESMONTAJE DE CUBIERTA Y LIMPIEZA DE ESTRUCTURA METÁLICA	Se realizará el desmontaje de la cubierta de toda la estructura, que comprende planchas corrugadas de fibrocemento, planchas lisas de fibrocemento, techo de plástico, malla metálica y canaletas. Una vez finalizado se procederá a realizar la limpieza de toda la estructura metálica.	6248.17 S/
INSTALACIÓN DE CUBIERTA METÁLICA DE LA ESTRUCTURA	Se realizará la instalación de los siguientes elementos en todas las áreas requeridas: Placas de fibrocemento, planchas corrugadas de acero, planchas corrugadas de plástico transparente, malla metálica y canaleta de aluminio.	14621.82 S/
COSTO DE MATERIALES	Se comprará 255 unidades de planchas fibrocemento 4mm, 238 planchas corrugadas de acero marca Tupemesa, 25 planchas corrugadas de plástico marca fibraforte, 10 m2 de malla galvanizada # 7, 31 metros de canaleta de aluminio. además, de listones de maderas, pernos, alambre, soldadura y clavos.	51367.13
COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Se alquilarán todas las herramientas y equipos necesarias para el trabajo, tales como andamios, soldadoras, cortadoras, entornilladores, arnés de seguridad, entre otros.	3,875.00 S/
GASTOS Y UTILIDADES		S/ 9,133.45
IGV		S/ 15,344.20
Total presupuesto		S/ 100,589.77

Nota. En esta figura se presenta el modelo de presupuesto final que se presentará al cliente, con las descripciones a detalle y los costos de cada una de las actividades a realizar.

Análisis de tiempo y recursos empleados en elaborar el presupuesto de obra

Luego de realizar el procedimiento para obtener el modelamiento, el metrado y el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado, se estimó el tiempo exacto que se necesitó para realizar todo el proceso y se comparó con las mediciones que se realizó de forma manual. Como resultado del tiempo de trabajo en cada proceso se obtuvo los siguiente como se muestra en siguientes tablas.

Estimación de tiempo empleado con RPA

- En el proceso de medición de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado mediante fotogrametría con RPA, entre el procesamiento de imágenes para obtener el modelado, el metrado y análisis de costos y presupuesto se realizó en un total de 5 horas. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla1

Tiempo empleado en la elaboración de presupuesto con RPA

Ítem	Descripción	Tiempo requerido	Und. Medida
Trabajo de campo	Levantamiento fotográfico	0.5	Horas
	Modelado 3d en Agisoft Metashape	3.00	Horas
Trabajo de gabinete	Metrado de estructura en Autocad	0.5	Horas
	Análisis de costos y elaboración de presupuesto	1.00	Horas
TOTAL		5	HORAS

Nota. Esta tabla se muestra el tiempo estimado para realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado con equipo de RPA, en tiempo total de 5 horas.

Estimación de tiempo empleado con medición manual

- En el proceso de medición de la cubierta metálica manualmente, entre la instalación de equipos de seguridad, medición de la estructura con cinta métrica, anotaciones, análisis de costos y presupuestos se realizó en un tiempo total de 8 horas. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla2

Estimación de tiempo en la elaboración de presupuesto de forma manual

Item	Descripción	Tiempo requerido	Und. Medida
	Instalación de andamios, arnés de seguridad y línea de vida	1.00	Horas
Trabajo de campo	Toma de mediciones y apuntes	5.00	Horas
	Desmontaje de andamios y arnés de seguridad	0.5	Horas
Trabajo de gabinete	Análisis de costos y elaboración de presupuesto	1.5	Horas
TOTAL		8	HORAS

Nota. Esta tabla se muestra el tiempo estimado para realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado con mediciones de forma manual, en un total de 8 horas de trabajo.

Estimación de recursos

- En cuanto a la estimación de recursos utilizados en las dos metodologías para elaborar el presupuesto, se ha comprobado que el uso de los equipos RPA optimiza recursos de mano de obra, materiales y costo. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla3

Comparación de recursos utilizados para elaboración de presupuesto

Recursos	Con RPA	Manual
Equipos y herramientas de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Dron evo 2 pro y accesorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Andamios • Arnés de seguridad • Cinta métrica • Libreta de anotaciones
Personal de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • 2 trabajadores 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 trabajadores
Equipos y herramientas de gabinete	<ul style="list-style-type: none"> • Laptop • Software agisoft Metashape • AutoCAD • Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Laptop • Excel
Costo total	500 soles	700 soles

Nota. Esta tabla se muestra una comparación de recursos utilizados para elaborar el presupuesto de la cubierta de la capilla Cristo Resucitado, en la cual se ve que los equipos RPA, también optimiza recursos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Discusión de resultados

Para la discusión de los resultados y de acuerdo a los antecedentes de estudio sobre la aplicación de la fotogrametría en la construcción, especialmente en área de metrados y presupuestos. Se resalta que el levantamiento topográfico con RPA (dron), ayuda a obtener la superficie de la construcción en un corto periodo de tiempo, mediante la toma de fotos aéreas y su procesamiento en un software de diseño. También se discute sobre el costo del levantamiento fotogramétrico, ya que según los estudios revisados y especialmente su aplicación en este trabajo, su costo es más económico que un levantamiento topográfico con estación total u otras metodologías, Además se ha comprobado que estos drones se constituyen una herramienta muy eficaz que ayuda a obtener ventajas y ganancias para trabajos de construcción en el campo de la ingeniería civil y mucho más si son proyectos de gran escala.

Presentación de resultados del objetivo específico 1

De acuerdo a los resultados alineado al primer objetivo de determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda en el correcto metrado para elaborar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

En el anexo 3, 4 y 5 procedimiento para obtener el modelado y metrado de la estructura, también en las figuras 53, 54, 55 y 56 de los resultados, se comprueba que es sencillo y rápido; pero se debe tener en cuenta que al momento de realizar dicha medición se tiene que configurar las unidades del AutoCAD en las cuales queremos medir, además la precisión es muy importante por el tamaño de la estructura y la forma irregular que tiene, ya que si no se hace la medición correcta afectaría en presupuesto final.

Complementando a los resultados del objetivo 1, se observa que en la figura 56 el resultado final del resumen de metrados, lo cual ayuda a observar de una mejor manera y tener el cálculo exacto de cada material que necesitamos en dicha cubierta. También el metrado correcto ayuda a calcular la cantidad de área de las zonas donde se realizarán los trabajos de desmontaje y limpieza.

Presentación de resultados del objetivo específico 2

De acuerdo a los resultados alineados al segundo objetivo determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda con el análisis de costos en la elaboración del presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

En los anexos 6 y 7 y en la figura 57 de los resultados, se observa el análisis de costo total de los materiales que se van a utilizar en la renovación de la cubierta, por ello el metrado correcto ayudó en determinar los precios y costos exactos, ya que estos son el pilar principal para que el proyecto o trabajo sea rentable.

Alineado al segundo objetivo, en la figura 58 de los resultados se observa lo importante conocer las herramientas y equipos necesarios para realizar el trabajo, además del costo de alquiler. Por ello con el metrado se define la cantidad de trabajo a realizar o área a intervenir.

También, complementando este objetivo en la figura 59 de los resultados sobre el costo directo de mano de obra. Para realizar el cálculo de costo se tiene que tener el metrado exacto, luego con el aporte de materiales y equipos se elabora el análisis de precios unitarios (APU), los cuales se ven en las figuras del anexo 6, el APU multiplicado por el área nos brinda el costo total de mano de obra, que también es muy importante en la construcción.

Finalmente, en este objetivo en la figura 60 gracias al análisis de costos, sumando el precio total de los materiales, equipos y costo de mano de obra se calcula el costo total de obra, luego de este importante proceso se presenta el presupuesto final al cliente mostrado en la figura 61. En resumen, la aplicación de la fotogrametría si ayudó en los costos y presupuestos.

Presentación de resultados del objetivo Específico 3

De acuerdo a los resultados obtenidos y alineados al objetivo determinar de qué manera la aplicación de la fotogrametría con RPA ayuda a optimizar el tiempo en realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado en la urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho-2023.

Alineado a este objetivo se analizó el tiempo que toma elaborar el presupuesto de la cubierta metálica mediante el levantamiento fotogramétrico con dron y medición de forma manual.

La variable tiempo agrupa las horas requeridas para los trabajos de campo y gabinete con RPA y se agruparon como se muestra en la tabla 1 de los resultados.

- Tiempo para realizar el levantamiento fotogramétrico
- Tiempo para el modelado 3D
- Tiempo para el metrado en AutoCAD
- Tiempo para elaborar el presupuesto

Para los trabajos de campo y gabinete con medición manual se agruparon de la siguiente manera como se muestra en la tabla 2 de los resultados.

- Instalación de andamios y arnés de seguridad
- Toma de mediciones y apuntes

- Desmontaje de andamios y arnés de seguridad
- Tiempo para elaborar el presupuesto

En total fueron 5 horas de trabajo, para la obtención del metrado con RPA y 8 horas de trabajo para la obtención del metrado de forma manual lo cual hace muy eficiente. Por lo tanto, el uso de la fotogrametría en la construcción en área de costos y presupuestos reduce el tiempo en 37.5 %,

También en cuanto al costo con la utilización de equipos, herramientas y recurso de mano de obra, el costo 500 soles para obtención de metrado con RPA y 700 para obtención de metrado de forma manual. Por lo tanto, el uso de la fotogrametría en la construcción en área de costos y presupuestos reduce el costo en 28.57 %.

Cabe resaltar que en esta investigación en la variable metrados, costos y presupuestos no podemos comparar resultados con otros autores, porque este es uno de los primeros trabajos aplicado a esta área de la ingeniería civil. Pero en la variable optimización del tiempo si existen estudios realizados como lo demuestra (Vásquez, 2022) en su trabajo titulado “Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con dron comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total”, donde se obtiene, que el tiempo requerido para calcular el volumen con dron es menor que el tiempo requerido para el cálculo con estación total en 11.44 horas midiendo en porcentaje sería de 48.85%. Entonces podemos afirmar que la fotogrametría con RPA si ayuda a la optimizar el tiempo en cualquier trabajo de ingeniería.

Presentación de resultados del objetivo General

Según los resultados obtenidos y alineado al objetivo principal de aplicar la fotogrametría con RPA, para realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla

Cristo Resucitado en la Urb. Mariscal Cáceres – San Juan de Lurigancho 2023. En base a la información recopilada mediante las técnicas e instrumentos de estudio y mediante el proceso de información y datos según el análisis cuantitativo y también, de acuerdo a la hipótesis principal y su relación con cada una de las dimensiones e indicadores de la variable independiente, se puede afirmar que, según los resultados obtenidos, si es viable el uso del RPA en esta importante área de cualquier proyecto en ingeniería civil, porque ayuda a realizar un correcto presupuesto de obra.

Limitaciones

Para la realización de este proyecto de investigación se tuvo las siguientes limitaciones:

- Poca información de estudios relacionados a la aplicación de la fotogrametría al área de costos y presupuestos.
- El día del levantamiento fotogramétrico estuvo un poco nublado y con presencia de lluvia lo cual retrasó la hora del trabajo de campo.
- En el trabajo de gabinete, se tuvo un problema con la capacidad de los equipos de procesamiento por lo pesado que es el programa Agisoft Metashape.
- Es importante tener en cuenta la cantidad de viento que corre por la zona.
- Tener en cuenta la seguridad ciudadana del lugar, ante una posible pérdida de los equipos, por el costo de adquisición.
- Falta de experiencia en esta nueva metodología sobre el uso de drones.

Implicancias

- Esta investigación tuvo implicancia en el tema costos, porque al utilizar este método con RPA para realizar presupuesto en estructuras aéreas es más económico que realizarlo de forma manual y utilizando otras metodologías.
- En el tema de tiempo, se ha comprobado que se ahorra tiempo y trabajo en comparación con la medición de forma manual.
- En cuanto a la exactitud tiene mayor precisión que la medición de forma manual y otras metodologías.
- En cuanto a la calidad, con la fotogrametría el cliente y contratista ve más a detalle los trabajos que se requieren realizar y genera más confianza entre ambas partes.
- A nivel personal y empresa, nos anima a seguir utilizando esta metodología y compartir con otros sobre los beneficios que se ha obtenido.

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los objetivos se llegó a las siguientes conclusiones

Conclusiones

- Se aplicó la fotogrametría con RPA, realizar el presupuesto de la cubierta metálica de la capilla Cristo Resucitado, en la cual se obtuvo excelentes resultados en cuanto al metrado de la estructura, elaboración del presupuesto y optimización del tiempo.
- En cuanto a la variable metrado se encontró el área y medidas para cada trabajo a realizar que fueron los siguientes: Desmontaje de planchas fibrocemento y placas fibrocemento 714.94 m², desmontaje e instalación de techo plástico transparente 76.42 m², desmontaje e instalación de malla de acero 15.76 m², desmontaje e instalación de canaleta de aluminio 31.08 m, limpieza de estructura metálica 791.36

y finalmente instalación de planchas corrugadas de acero que se está cambiando por la planchas de fibrocemento con un área de 714.36 m².

- En cuanto la variable costo y presupuesto, se calculó el costo de los materiales con un total de 51367.13 soles, costo de alquiler de equipos 3875 soles y costo directo de mano de obra 20870 soles. Finalmente se elaboró el presupuesto final para el cliente sumando las cantidades anteriores mencionadas y agregando gastos generales, utilidades e IGV. Ascendiendo a un monto total de 100589.77 soles.
- En cuanto a la variable tiempo en elaborar el presupuesto el levantamiento fotogramétrico se realizó en 0.5 horas, el modelado 3D en 3 horas, el metrado en AutoCAD en 0.5 horas y la elaboración del presupuesto en 1 hora. Haciendo un total de 5 horas. En comparación con la medición de forma manual que se realizó en un total de 8 horas, optimizando el tiempo en 37.5% y los costos en 28.57%.

Recomendaciones

- Para realizar el vuelo es importante reconocer el área y objetivo de estudio, para tener un panorama visual que nos ayudará a realizar un vuelo correcto.
- Para el levantamiento es importante también que el lugar esté despejado sin nubosidad, para que la captura de imágenes sea adecuada y permitan realizar el procedimiento.
- Para proyectos grandes es importante primero realizar un vuelo de prueba, para ver las condiciones del equipo.
- En cuanto al proceso de gabinete, se debe tener los equipos adecuados para su respectivo proceso, una computadora con buena capacidad de memoria de

procesamiento, porque el software con la cantidad de imágenes que se inserta es muy pesado.

- En el análisis de costos y presupuestos, se debe hacer varias cotizaciones de los materiales y equipos que se necesitan para la obra.
- También se debe revisar las normas técnicas peruanas para los metrados y su medida, las fichas técnicas de los rendimientos y la tabla salarial de costo de los operarios, oficiales y peones en construcción.

Bibliografía

- Adames Cepeda, J. L. (2020). *Utilización de sistemas aéreos no tripulados (UAS) en el sector construcción* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio UPC. <https://hdl.handle.net/2117/341623>
- Apréaz Bastidas, A. M. (2020). *Desarrollo e implementación de una metodología para levantamiento de planos topográficos mediante fotogrametría aérea con UAV* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Lasalle]. Repositorio Universidad de Lasalle, Bogotá. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/786?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_automatizacion%2F786&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Arquidron Soluciones Tecnológicas en Ingeniería. (2 de Febrero de 2021). <https://arquidron.com/2021/02/02/los-mejores-drones-2021/>
- Bastis Consultores. (2 de Febrero de 2020). *Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación*. <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [Archivo PDF]. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Cabada Quiliche, J. J. (2019). *Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico y aeronave pilotada remotamente (RPA- DRON) en el centro poblado Cash apampa- Cajamarca 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/22186>
- Caceres Olivos, J. D. y Toda Luna, A. G. (2020). *Adaptar la herramienta de gestión Cuadro de Mando Integral para lograr una mejor implementación de la metodología Lean Construction en el grupo de procesos de planificación de la gestión del tiempo en proyectos de oficinas del sector privado de Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <http://hdl.handle.net/10757/648604>

- Camara Peruana de la Construcción. (2014). *Costos y Presupuestos en Edificación*[ArchivoPDF]https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf
- Del Río Santana, O., Gómez Córdova, F. d., López Carrillo, N. V. y Saenz Esqueda. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Redalyc*, 7 (2), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- Escalante Torrado, J. O., Cáceres Jiménez, J. J. y Porras Díaz, H. (2016). Orto mosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV *SCIELO*, 20(50), 119-140. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a09.
- Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Mmetodología de la investigación 6ta. Edición* [Archivo PDF]. <https://www.sbs.com.ar/metodologia-de-la-investigacion--6ta-edicion--1456223960/p>
- Global Mediterranea Geomática. (19 de octubre de 2018). *Fotogrametria Evolución y Uso*. <https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-evolucion-uso/>
- Ibarra Duarte, D. A. (Agosto de 2021). *Integración de la fotogrametría aérea con drones para la elaboración de un modelo digital del Campus Hermosillo Centro de la Universidad de Sonora* [Tesis de Maestría, Universidad de sonora]. <http://hdl.handle.net/20.500.12984/6611>
- Jimenez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O. y Soriano Melgar, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos* [Tesis de Licenciatura, Universidad del Salvador]. *Sistema Bibliotecario Universidad del Salvador*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697>
- Llamas, J. (3 de Agosto de 2022). *Aprende economía inversión y finanzas de forma fácil y entretenida con nuestros cursos*. <https://economipedia.com/definiciones/excel.html>
- Martínez, G. (18 de Noviembre de 2022). *Escuela Británica de Artes Creativas y Tecnologías*. <https://ebac.mx/>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2011). *Norma Técnica Metrados Para Obras De Edificació Y Habilitaciones Urbanas* (Archivo PDF).

<https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/18/RD-073-2010-VIVIENDA-VMCS-DNC.pdf>

Montagud Rubio, N. (7 de Mayo de 2020). *Psicología y Mente*.
<https://psicologiaymente.com/cultura/tipos-tecnicas-investigacion>

Muro Morales, J. I., Urteaga, L. y Nadal, F. (2002). La fotogrametría terrestre en España (27), 151- 172 *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=17602707>

Ochoa Arias, P. y Delgado Pinos, O. A. (2020). Modelo de registro fotogramétrico 2D y 3D del patrimonio edificado de Cuenca. *Revista de Ciencias Sociales y Humanas* .
Obtenido de <https://doi.org/10.17163/uni.n33.2020.08>

Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado. (s.f.). *EL EXPEDIENTE TÉCNICO De Obra*.[https://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Cap citacion/Virtual/curso_contratacion_obras/libro_cap3_obras.pdf](https://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Cap%20citacion/Virtual/curso_contratacion_obras/libro_cap3_obras.pdf)

Peinado Checa, Z., Fernández Morales, A. y Agustín, H. L. (02 de Mayo de 2014). *Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Ágreda (Soria)* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio UPC.
<https://doi.org/10.4995/var.2014.4210>

Roncacio, A. (2021). *UNICISO*. Obtenido de <http://www.portaluniciso.com/>

Ruiz Sabina, J. A., Gallego Valle, D., Peña Ruiz, C., Molero García, J. M. y Gómez Laguna, A. (2015). *Fotogrametría aérea por dron en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel* Repositorio Universidad de Castilla de La Mancha.
<http://hdl.handle.net/10578/9393>

Santillan Valdeon, J. C. (29 de Noviembre de 2022). *Evaluación Del Costo Por Kilómetro De Los Métodos De Levantamiento Topográfico Para El Diseño Geométrico De Carreteras Vecinales Ucayali - 2022* [Tesis de Licenciatura Repositorio Universidad Nacional “Hermilio Valdizan”]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7705>

Saravia Jihuallanca, V. y Rimachi Quispe, J. J. (2021). *Costos y presupuestos de construcción de edificaciones y la rentabilidad económica de la Empresa*

- Constructora Goti Asociados Diseña & Construye S.A.C. del distrito de Wanchaq período 2018* [Tesis de Licenciatura Repositorio Universidad Andina del Cusco]. *Repositorio Universidad Andina del Cusco*. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4341>
- Soto Reyes, A. I. (2018). *Aplicaciones de la fotogrametría aérea, mediante el uso de UAV* [Tesis de Licenciatura Repositorio Universidad Católica de la Santísima Concepción]. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/2663>
- Tacca Qquelca, H. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional*. Concytec. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_0b2fb5e417cba461302afd4617cb32b0/Details
- Vásquez Castañeda, A. (2022). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con dron comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estacion total* [Tesis de Licenciatura, Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4747>
- Wingtra AG. (s.f.). *Cuál es el mejor dron para tus necesidades de fotogrametría*. Zurich, Suiza. <https://wingtra.com/es/comparacion-mejores-drones-para-fotogrametria-wingtraone/>

ANEXOS

FASE DE TRABAJO DE CAMPO

ANEXO 1: RECONOCIMIENTO DE ÁREA DE CAMPO

Imagen 1. Vista parte Frontal de la capilla Cristo Resucitado



Imagen 2. Vista parte lateral de la capilla Cristo Resucitado



Imagen 3. Vista y ubicación del punto de partida del dron



ANEXO 2. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

Imagen 4. Equipo utilizado para el levantamiento fotogramétrico



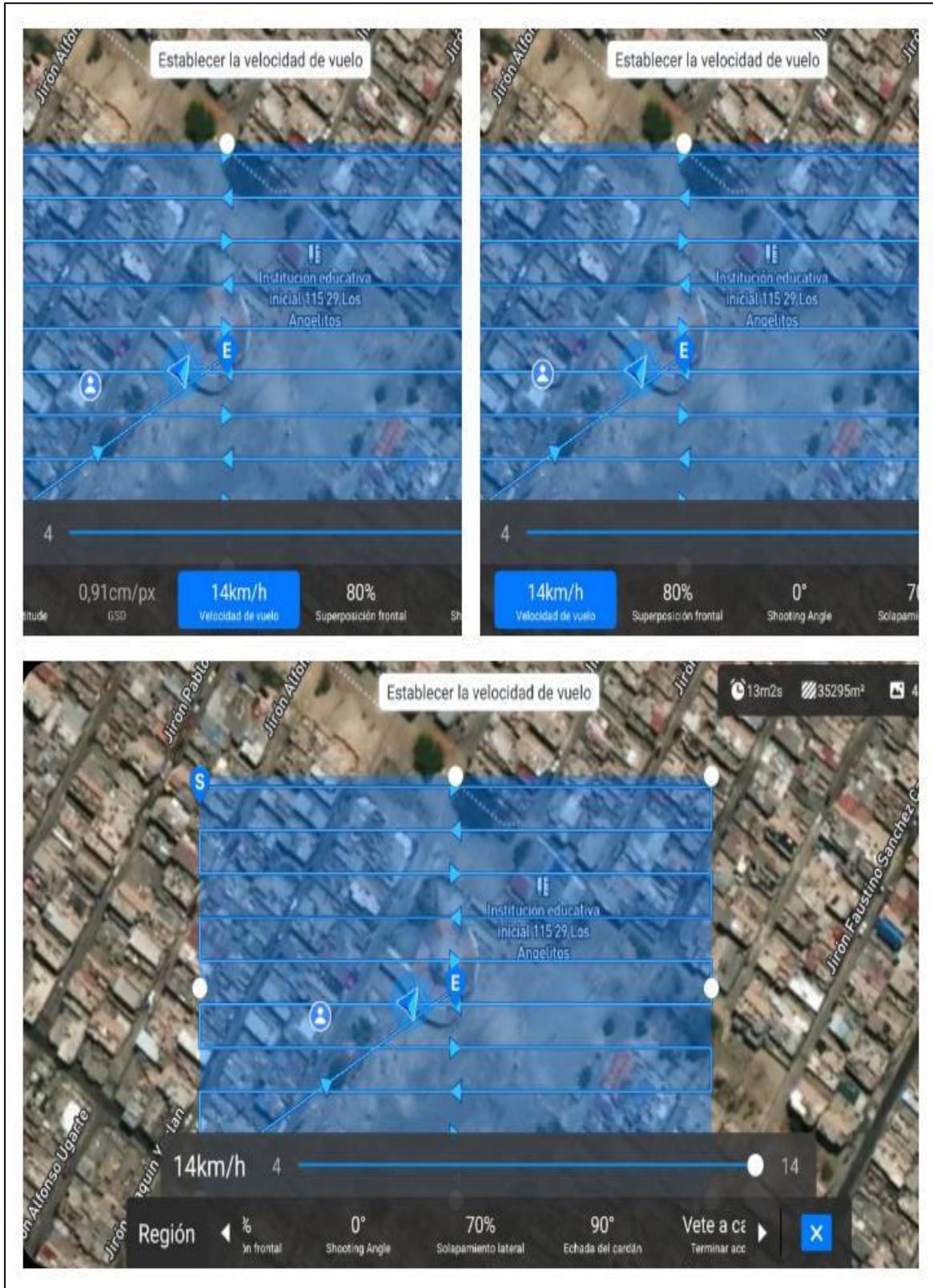
Imagen 5. Inicio del plan de vuelo y levantamiento fotogramétrico



Imagen 6. Dron siguiendo el plan de vuelo



Imagen 7. Resultado de plan de vuelo



FASE DE TRABAJO DE GABINETE

ANEXO 3: TRABAJO EN PROGRAMA AGISOFT METASHAPE

Imagen 8. Carga de fotografías

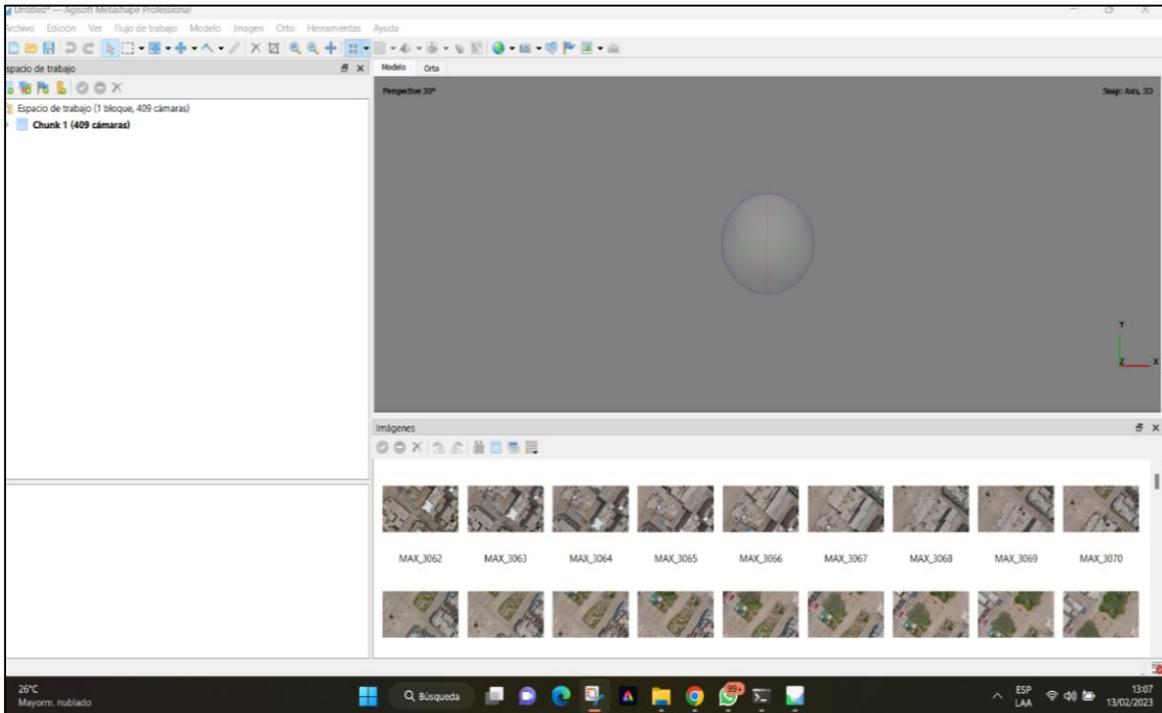


Imagen 9. orientación de fotografías

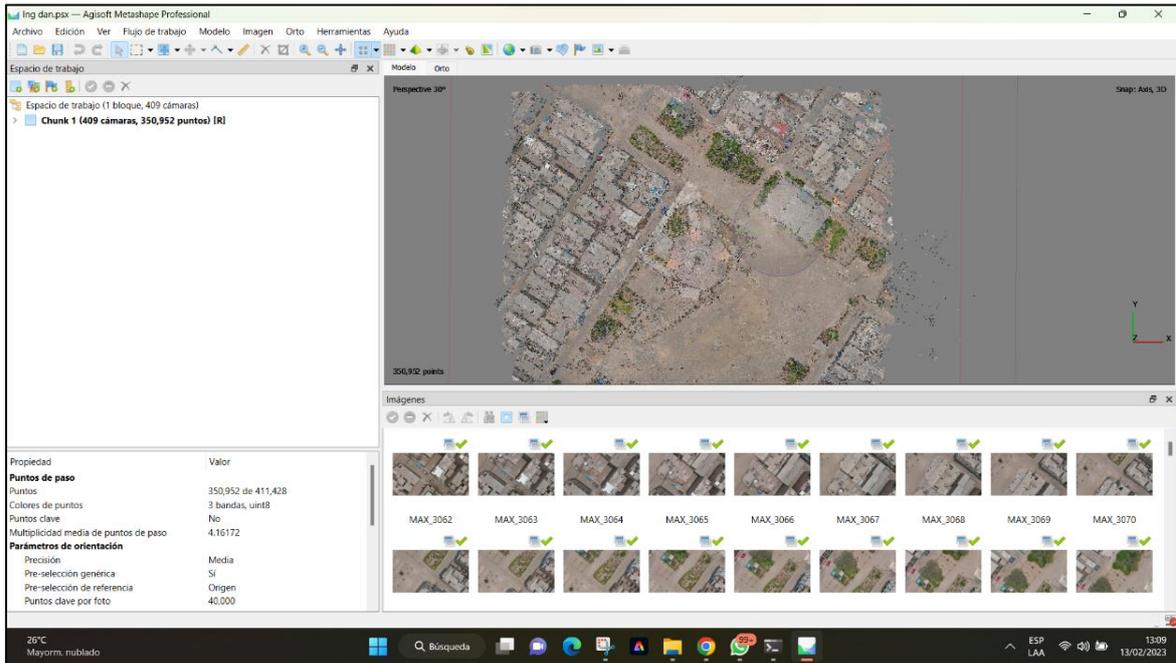


Imagen 10. Creación de nube de puntos densa

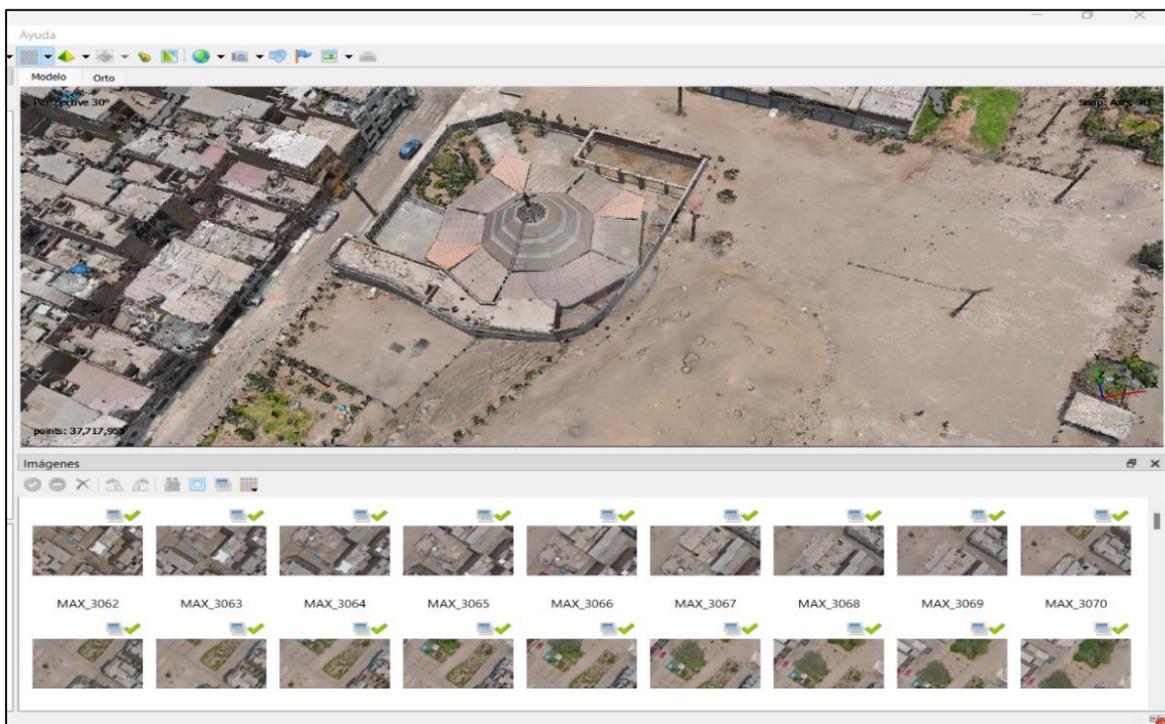


Imagen 11. Creación de malla

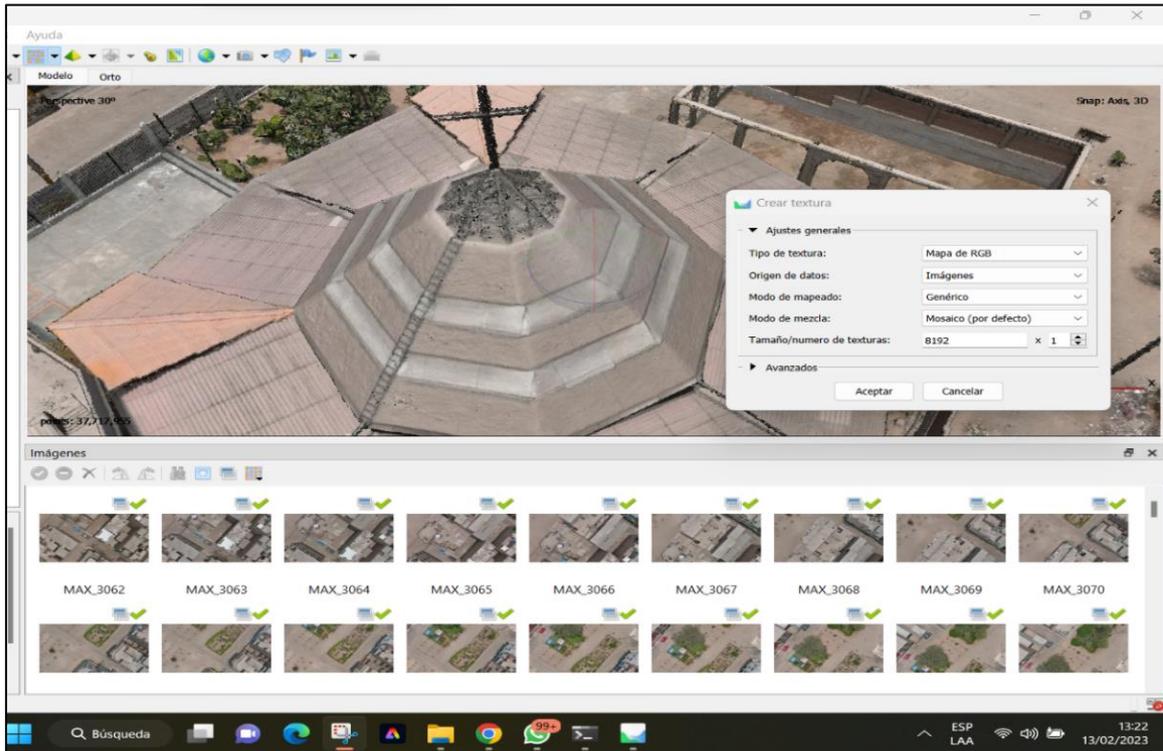


Imagen 12. Creación de modelo de teselas

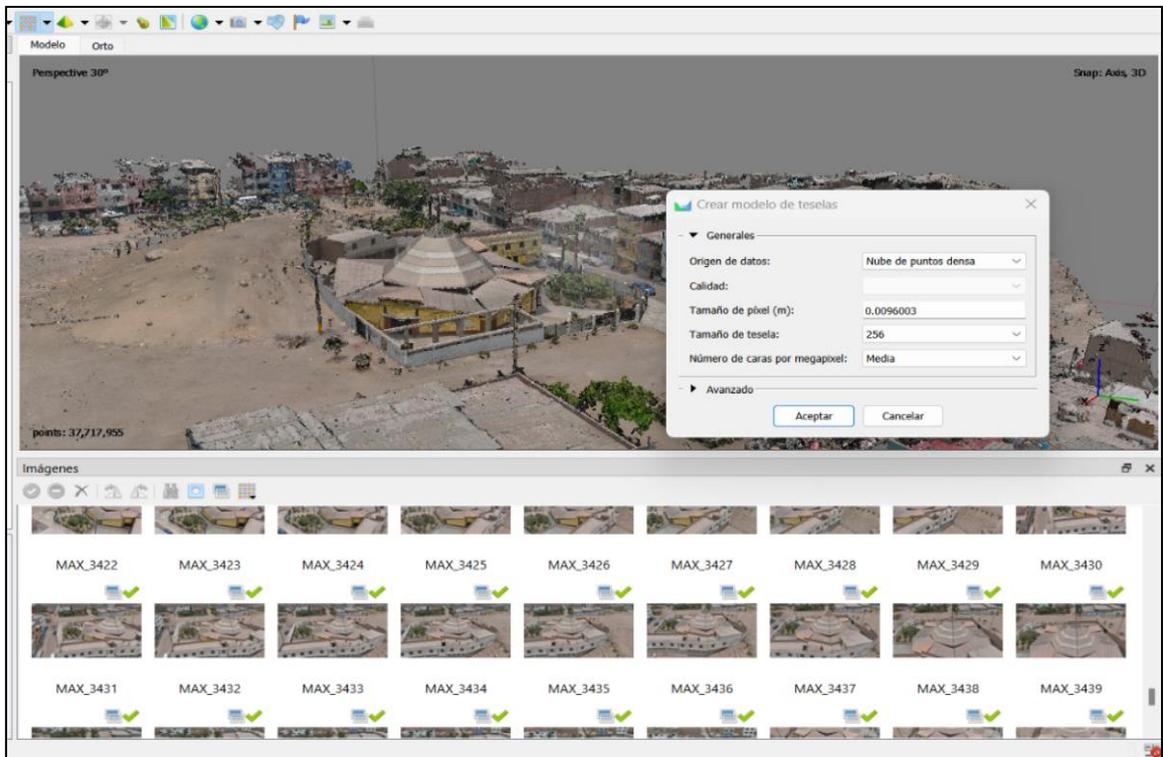


Imagen 13. Creación de modelo de elevaciones

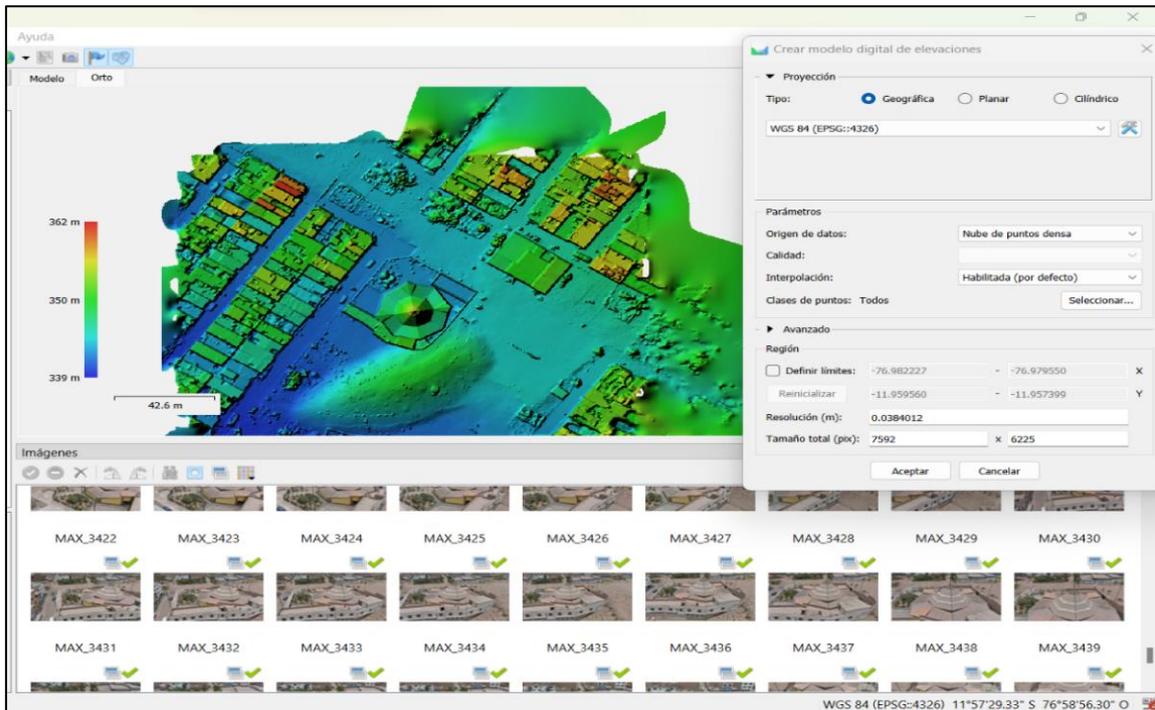


Imagen 14. Creación de orto mosaico

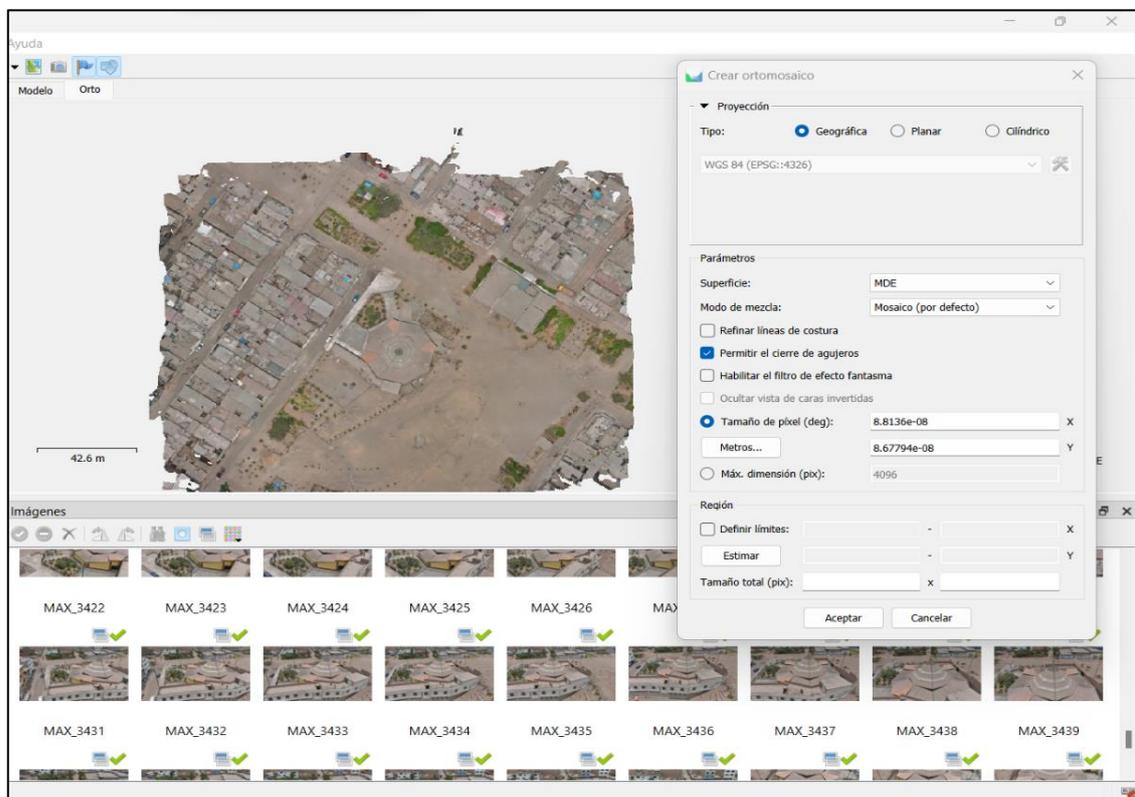
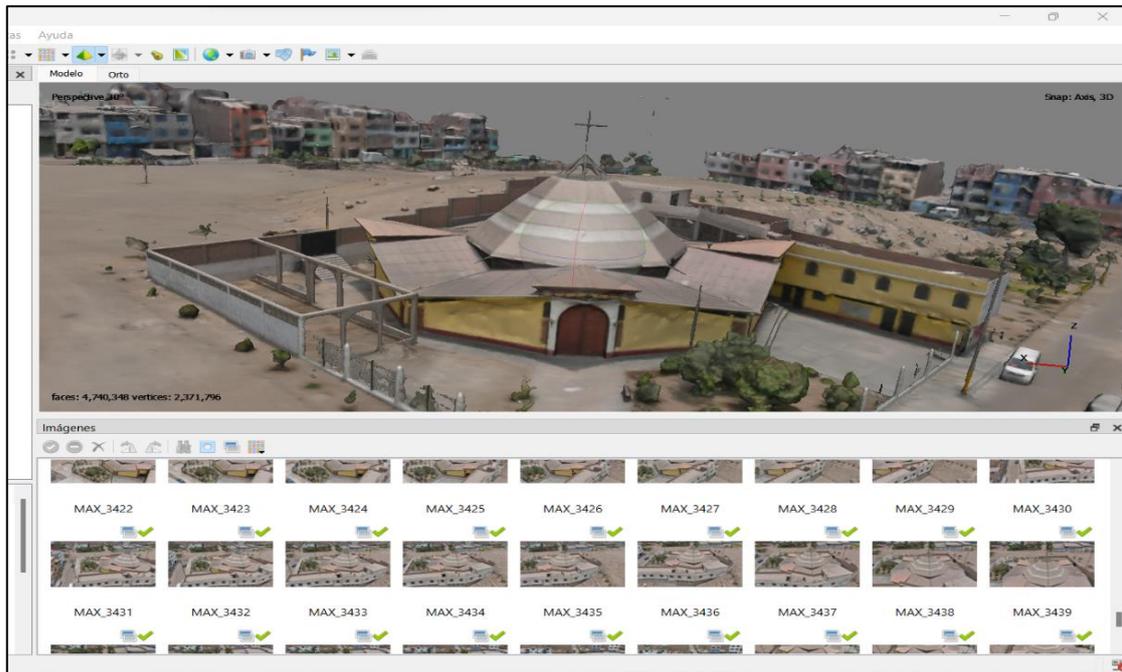


Imagen 15. Resultado final modelo 3d



ANEXO 4: TRABAJO DE GABINETE EN AUTOCAD

Imagen 16. Modelo 3d exportado al AutoCAD

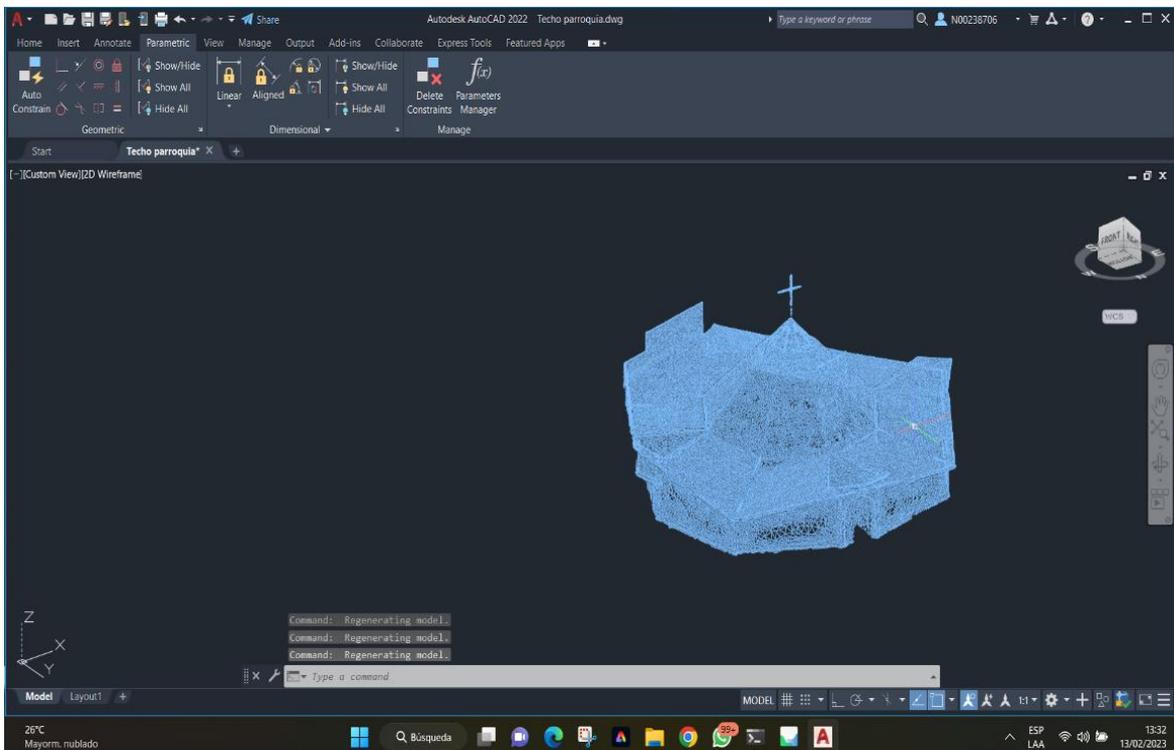


Imagen 17. Metrado en AutoCAD del área con borde amarillo

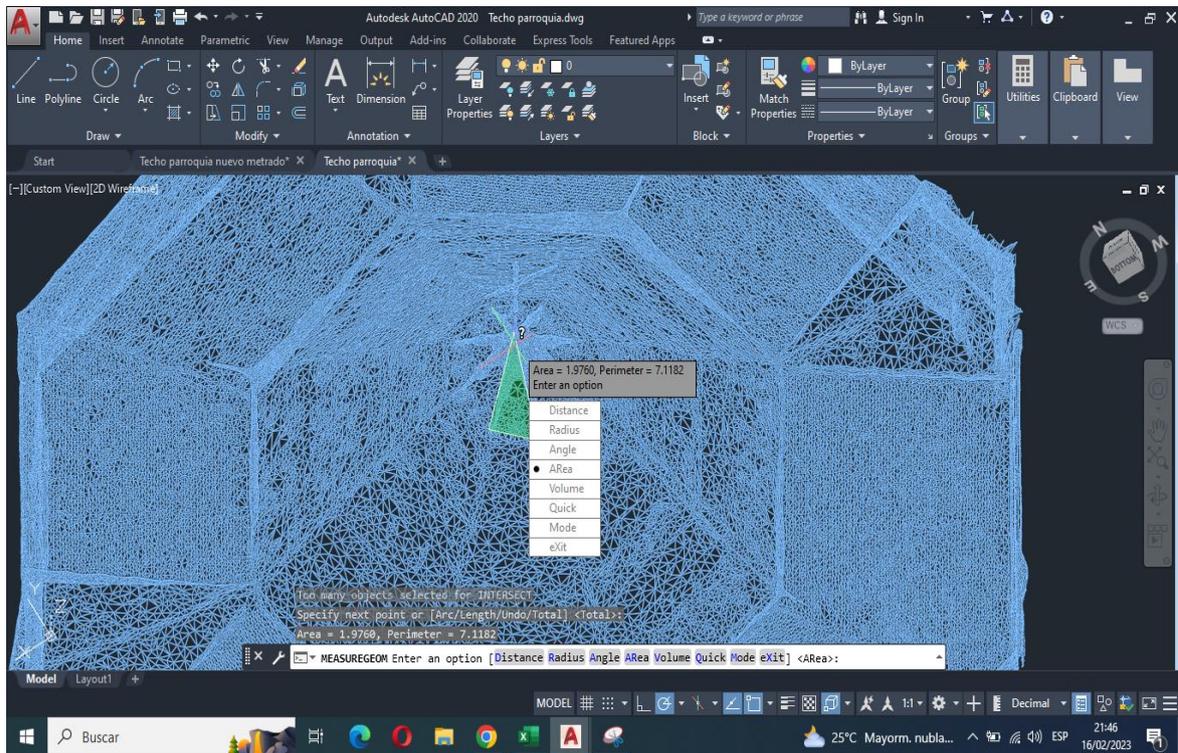


Imagen 18. Metrado en AutoCAD del área con borde azul

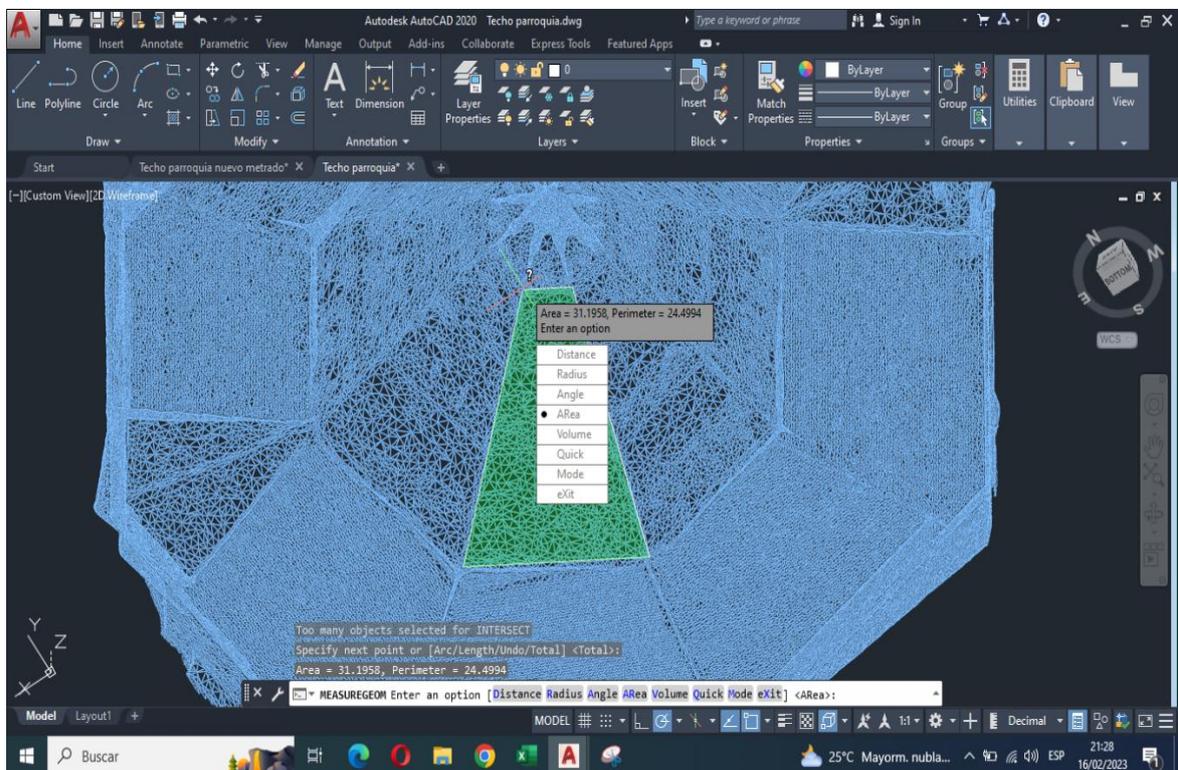


Imagen 19. Metrado en AutoCAD del área con borde blanco

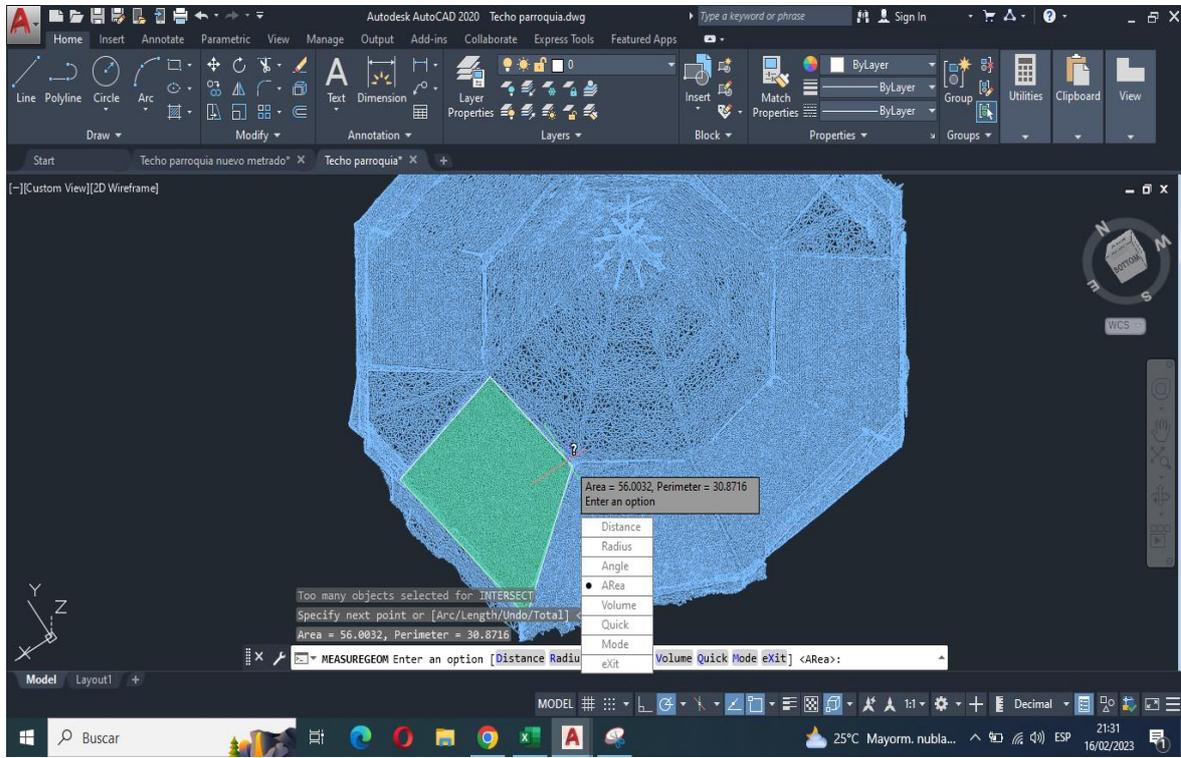


Imagen 20. Metrado en AutoCAD del área con borde azul

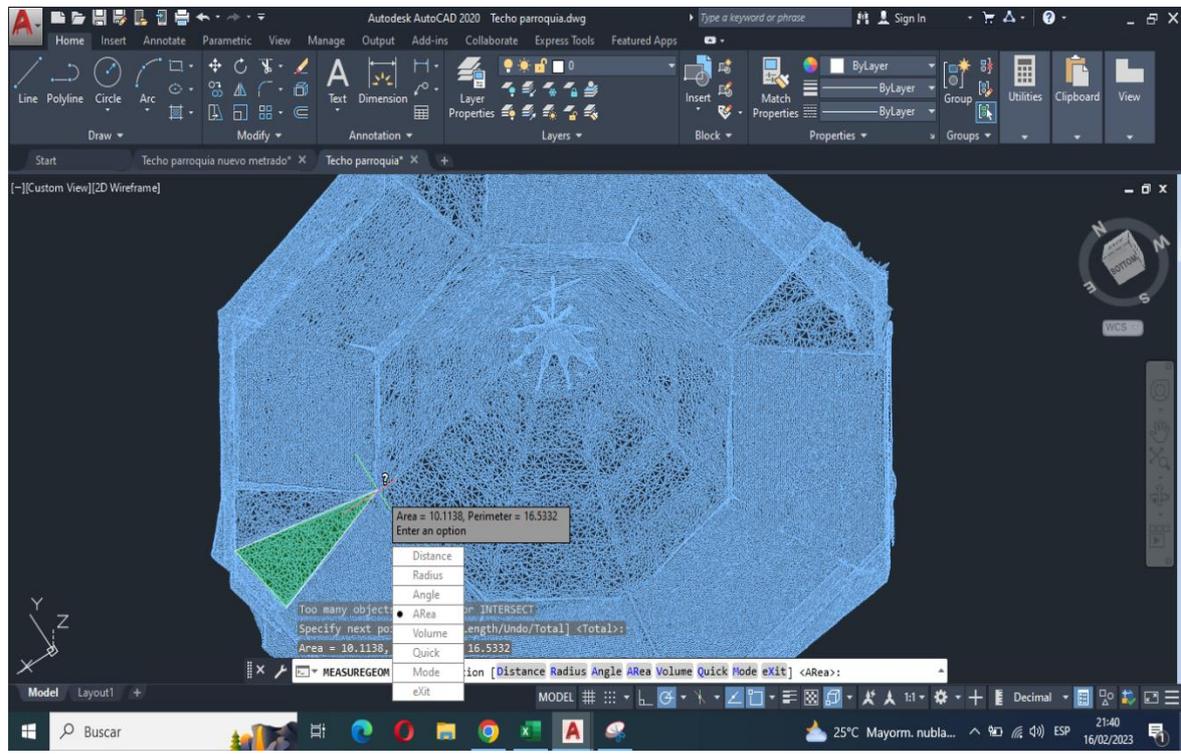


Imagen 21. Metrado en AutoCAD del área con borde marrón

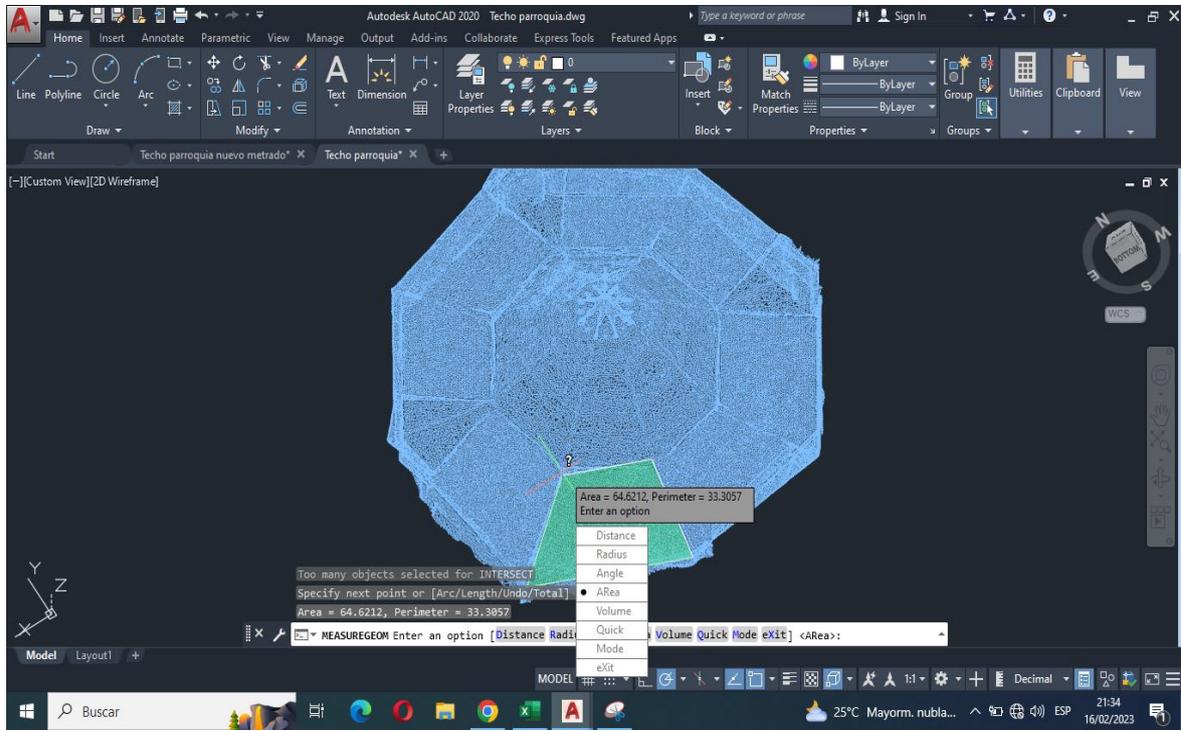
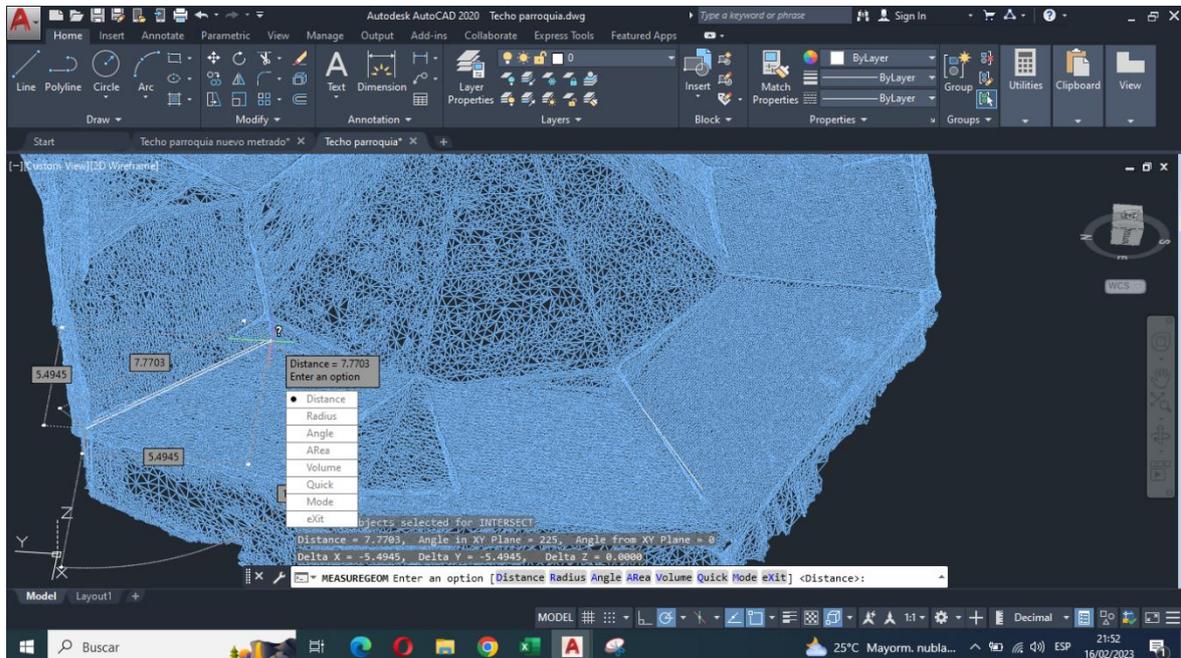


Imagen 22. Metrado de canaleta



ANEXO 5: TRABAJO DE GABINETE EN EXCEL METRADOS

Imagen 23. Resumen de metrado de obras provisionales

01.01.00	<u>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</u>				
01.01.01	CASETA PARA GUARDIANA, ALMACEN Y RESIDENCIA				
	Cant	Long	Ancho	Area	Und
	1	5	4	20	m2
01.01.02	CARTEL DE OBRA DE 3.00 X 2.00				
	Cant	Long	Ancho	Area	Und
	1			1	Und.

Imagen 24. Resumen de metrado de trabajos preliminares

01.02.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
01.02.01	DESMONTAJE TECHO FIBROCEMENTO					
	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	Longitud (m)	Ancho (m)	A Tot. (m2)
		DESMONTAJE DE TECHO FIBROCEMENT	1.000			714.94
						714.94
01.02.002	DESMONTAJE TECHO PLÁSTICO TRANSPARENTE					
	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	Longitud (m)	Ancho (m)	A Tot. (m2)
		DESMONTAJE TECHO PLÁSTICO	1.000			76.42
						76.42
01.02.03	DESMONTAJE MALLA DE ACERO					
	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	Longitud (m)	Ancho (m)	A Tot. (m2)
		DESMONTAJE MALLA DE ACERO	1.000			15.76
						15.76
01.02.04	DESMONTAJE CANALETA DE ALUMINIO					
	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	Longitud (m)	Ancho (m)	A Tot. (m2)
		DESMONTAJE CANALETA DE ALUMINIO	1.000			31.08
						31.08
01.02.06	LIMPIEZA ESTRUCTURA METÁLICA					
	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	Longitud (m)	Ancho (m)	A Tot. (m2)
		LIMPIEZA ESTRUCTURA METÁLICA	1.000			791.36
						791.36

Imagen 25. Resumen instalación de coberturas metálicas

02.01.00		COBERTURAS METÁLICAS			
02.01.01	INSTALACIÓN PLACAS FIBROCEMENTO				
	DESCRIPCIÓN	N° VECES	AREA	ÁREA TOTAL	
	ÁREA 				
	ÁREA 	8.00	31.19	249.52	
	ÁREA 	6.00	56.03	336.16	
	ÁREA 	2.00	64.62	129.24	
	ÁREA 				
	TOTAL			714.94	
02.01.02	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO				
	DESCRIPCION	N° VECES	AREA	AREA	
	ÁREA 				
	ÁREA 	8.00	31.19	249.52	
	ÁREA 	6.00	56.03	336.16	
	ÁREA 	2.00	64.62	129.24	
	ÁREA 				
	TOTAL			76.42	
02.01.03	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTICO				
	DESCRIPCION	N° VECES	AREA	AREA	
	ÁREA 	8.00	1.97	15.76	
	ÁREA 				
	ÁREA 				
	ÁREA 				
	ÁREA 	6.00	10.11	60.66	
	TOTAL			76.42	
02.01.04	INSTALACIÓN MALLA DE ACERO				
	DESCRIPCION	N° VECES	AREA	AREA	
	ÁREA 	8.00	1.97	15.76	
	ÁREA 				
	ÁREA 				
	ÁREA 				
	ÁREA 				
	TOTAL			15.76	
02.01.05	INSTALACIÓN CANALETA DE ALUMINIO				
	DESCRIPCION	N° VECES	LARGO	TOTAL	
	UNION DE LOS ALEROS	4.00	7.77	31.08	
	TOTAL			31.08	

ANEXO 6: TRABAJO GABINETE EN EXCEL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Imagen 26. APU de obras provisionales y trabajos preliminares

OE.01 OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES						
Partida :		01.01.01 CASETA DE GUARDIANÍA				
Rendimie :		MO 20.00 M2/DÍA		EQ 20.00 M2/DÍA		
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						22.23
OPERARIO	HH	1.00	0.4000	17.52	7.01	
PEON	HH	3.00	1.2000	12.68	15.22	
			1.6000			
Materiales						29.68
CLAVOS CABEZA	KG		0.0280	2.87	0.08	
PERNOS	UND		0.5830	5.00	2.92	
CHAPA NACIONAL	UND		0.0140	58.00	0.81	
COLA SINTETICA	GLN		0.0140	13.56	0.19	
MADERA ROBLE	P2		4.2220	4.27	18.03	
PRIPLAY LUPUNA	PL		0.0550	25.00	1.38	
PINTURA LATEX	GLN		0.0400	39.75	1.59	
CALAMINA GALVANIZADA	UND		0.1670	28.00	4.68	
Total precio unitario					S/. 51.91	
Partida :		01.01.02 CARTEL DE OBRA, DE 2.00 X 3.00				
Rendimie :		MO 1.00 UND/DIA		EQ 1.00 UND/DIA		
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						190.88
OPERARIO	HH	1.00	8.0000	17.52	140.16	
PEON	HH	0.50	4.0000	12.68	50.72	
			12.0000			
Materiales						148.62
CLAVOS 3"	KG.		1.5000	4.12	6.18	
PIEDRA GRANDE PARA ZANJA	M3		0.9760	25.42	24.81	
HORMIGON (PLANTA)	M3		0.9760	19.77	19.30	
LIJA PARA MADERA	HJA		3.0000	0.85	2.55	
PERNO 5/8" x 10" CON TUERCA	KG		1.0000	6.00	6.00	
ARANDELA 5/8"	UND		15.0000	0.62	9.30	
MADERA TORNILLO	PL		9.0000	6.00	54.00	
PINTURA ESMALTE SINTETICO ST	GAL		1.0000	26.48	26.48	
Herramientas y Equipos						9.54
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	190.88	9.54	
Total precio unitario					S/. 349.04	

Imagen 27. APU de obras provisionales y trabajos preliminares desmontaje de techos y malla

Partida : 01.02.01 DESMONTAJE DE TECHO FIBROCEMENTO						
Rendimie :		MO	400.00 M2/DÍA	EQ	400.00 M2/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						2.73
OPERARIO	HH	2.00	0.0400	17.52	0.70	
PEON	HH	8.00	0.1600	12.68	2.03	
			0.2000			
Herramientas y Equipos						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	2.89	0.14	
Total precio unitario						S/. 2.87
Partida : DESMONTAJE DE TECHO DE PLÁSTICO TRANSPARENTE						
Rendimie :		MO	500.00 M2/DÍA	EQ	500.00 M2/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						1.26
OFICIAL	HH	2.00	0.0320	14.05	0.45	
PEON	HH	4.00	0.0640	12.68	0.81	
			0.0960			
Herramientas y Equipos						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.89	0.14	
Total precio unitario						S/. 1.40
Partida : 01.02.06 DESMONTAJE DE MALLA DE ACERO RECUBIERTA CON PV						
Rendimie :		MO	50.00 GLB/DÍA	EQ	50.00 GLB/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						4.28
OFICIAL	HH	1.00	0.1600	14.05	2.25	
PEON	HH	1.00	0.1600	12.68	2.03	
			0.3200			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.89	0.14	
Total precio unitario						S/. 4.42

Imagen 28. APU de obras provisionales y trabajos preliminares desmontaje de canaletas y placas fibrocemento

Partida : 0 DESMONTAJE DE CANALETAS DE ALUMINIO						
Rendimie :		MO	70.00 GLB/DIA	EQ	70.00 GLB/DIA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						3.70
OFICIAL	HH	0.50	0.0571	14.05	0.80	
PEON	HH	2.00	0.2286	12.68	2.90	
			0.2857			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.89	0.14	
Total precio unitario					S/. 3.84	

Partida : 0 DESMONTAJE DE PLACAS FIBROCEMENTO						
Rendimie :		MO	400.00 GLB/DIA	EQ	400.00 GLB/DIA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						2.08
OFICIAL	HH	2.00	0.0400	14.05	0.56	
PEON	HH	6.00	0.1200	12.68	1.52	
			0.1600			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.89	0.14	
Total precio unitario					S/. 2.22	

Partida : 0 LIMPIEZA DE ESTRUCTURA METÁLICA						
Rendimie :		MO	500.00 GLB/DIA	EQ	500.00 GLB/DIA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						1.03
OFICIAL	HH	1.00	0.0160	14.05	0.22	
PEON	HH	4.00	0.0640	12.68	0.81	
			0.0800			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						0.14
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.89	0.14	
Total precio unitario					S/. 1.17	

Imagen 29. APU de instalación de coberturas

OE.02	ESTRUCTURAS						
Partida : 02.01.01 INSTALACIÓN DE PLACAS DE FIBROCEMENTO							
Rendimie :							
	MO	120.00	M2/DÍA	EQ	120.00	M2/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	
Mano de Obra						5.72	
PEON	HH	4.0000	0.2667	12.68	3.38		
OPERARIO		2.0000	0.1333	17.52	2.34		
			0.4000				
Herramientas y Equipos						0.29	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	5.72	0.29		
Total precio unitario						S/. 6.01	
Partida : 02.01.02 INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO							
Rendimie :							
	MO	100.00	M3/DIA	EQ	0.60	M3/DIA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	
Mano de Obra						12.94	
OPERARIO	HH	2.00	0.1600	17.52	2.80		
PEON	HH	10.00	0.8000	12.68	10.14		
			0.8000				
Herramientas y equipos						0.65	
Herramientas			5%	12.94	0.65		
Total precio unitario						S/. 13.59	
Partida : 02.01.03 INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTIC							
Rendimie :							
	MO	150.00	M3/DIA	EQ	0.80	M3/DIA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	
Mano de Obra						4.58	
OPERARIO	HH	2.00	0.1067	17.52	1.87		
PEON	HH	4.00	0.2133	12.68	2.71		
			0.3200				
Herramientas y Equipos						0.23	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	4.58	0.23		
Total precio unitario						S/. 4.81	

Imagen 30. APU de instalación de malla y canaleta

Partida : 02.01.04 INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO						
Rendimie :		MO	40.00 M2/DÍA	EQ	40.00 M2/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						5.07
PEON	HH	2.00	0.4000	12.68	5.07	
			0.4000			
Herramientas y Equipos						0.25
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	5.07	0.25	
Total precio unitario					S/.	5.32
Partida : 02.01.05 INSTALACIÓN DE CANALETA DE ALUMINIO.						
Rendimie :		MO	50.00 M3/DÍA	EQ	50.00 M3/DÍA	
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
Mano de Obra						4.83
PEON	HH	1.00	0.1600	12.68	2.03	
OPERARIO		1.00	0.1600	17.52	2.80	
			0.3200			
Herramientas y Equipos						0.24
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.00%	4.83	0.24	
Total precio unitario					S/.	5.07

ANEXO 7. TRABAJO GABINETE EN EXCEL CANTIDADES Y COSTOS

Imagen 31. Lista y costo de materiales

MATERIALES							
OE.1		OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					
						TOTAL SOLES	51,367.13
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL			
PERNOS	UND	8	12.00	96.00			
CHAPA NACIONAL	UND	1	45.00	45.00			
COLA SINTETICA	GLN	1	13.00	13.00			
MADERA ROBLE	LISTÓN	12	20.00	240.00			
TRIPLAY Y LUPUNA	PL	10	45.00	450.00			
CALAMINA GALVINIZADA SIMPLE	UND	10	35.00	350.00			
CLAVOS 4"	KG	4	8.00	32.00			
CLAVOS 3"	KG	3	8.00	24.00			
CLAVOS 2"	KG	4	8.00	32.00			
					TOTAL	1,282.00	
OE.02		ESTRUCTURAS					
PLACAS DE FIBROCEMENTO 4mm	UND	255	40.00	10,213.43			
PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO	UND	238	150.00	35,747.00			
PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTICO	UND	25	75.00	1,910.50			
MALLA DE ACERO REVESTIDO CON PVC	M2	16	10.00	157.60			
CANALETA DE ALUMINIO	ML	31	20.00	621.60			
PERNOS DE 3" CON TAPA	KG	70	12.00	840.00			
BARRAS DE SOLDADURA	UND	50	2.50	125.00			
LISTONES DE MADERA 3"	UND	8	40.00	320.00			
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 8	KG	15	10.00	150.00			
					TOTAL	50,085.13	

Imagen 32. Lista y costo equipos y herramientas

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS								
OE.1		OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					TOTAL	3875
HERRAMIENTA O EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	P. PARCIAL	DÍAS TRABAJO	P. FINAL (soles)		
CAMION DE CARGA 2 toneladas	UND	1.0000	400	400	1	400		
ANDAMIOS METÁLICOS	UND	5.0000	8	40	15	600		
ARNES DE SEGURIDAD	UND	10.0000	5	50	15	750		
HERRAMIENTAS MANUALES	UND		5	5	15	75		
CAMIONETA DE TRANSPORTE PERSONAL	UND	1.0000	50	50	15	750	2575	
OE.02		ESTRUCTURAS						
CORTADORA METÁLICA	UND	2.0000	10	20	15	300		
TALADRO ENTORNILLADOR	UND	2.0000	10	20	15	300		
POLEA	UND	2.0000	10	20	5	100		
SORDADORA MANUAL	UND	2.0000	20	40	15	600	1300	

Imagen 33. Costo de mano de obra

OE.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES						
01.01.00	CONSTRUCCIONES PROVICIONALES						TOTAL
01.01.01	CASETA DE GUARDIANA	m2	20.00	51.91	S/.	1,038.20	
01.01.02	CARTEL DE OBRA, DE 2.00 X 3.00	und	1.00	349.04	S/.	349.04	S/. 20,869.99
01.02.00	TRABAJOS PRELIMINARES						
01.02.01	DESMONTAJE DE TECHO FIBROCEMENTO	m2	714.94	2.87	S/.	2,051.88	
01.03.00	DESMONTAJE DE TECHO DE PLÁSTICO TRANSPARENTE	m2	76.42	1.40	S/.	106.99	
01.03.01	DESMONTAJE DE MALLA DE ACERO RECUBIERTA CON PVC	m2	15.76	4.42	S/.	69.66	
01.03.02	DESMONTAJE DE CANALETAS DE ALUMINIO	ml	31.08	3.84	S/.	119.35	
01.03.03	DESMONTAJE DE PLACAS FIBROCEMENTO	m2	714.94	2.22	S/.	1,587.17	
	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA METÁLICA	m2	791.36	1.17	S/.	925.89	
					S/.	6,248.17	
OE.02	ESTRUCTURAS						
02.01.00	COBERTURAS METÁLICAS						
02.01.01	INSTALACIÓN DE PLACAS DE FIBROCEMENTO	m2	714.94	6.01	S/.	4,296.79	
02.01.02	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE ACERO	m2	714.94	13.59	S/.	9,716.03	
02.01.03	INSTALACIÓN DE PLANCHAS CORRUGADAS DE PLÁSTICO	m2	76.42	4.81	S/.	367.58	
02.01.04	INSTALACIÓN DE MALLA DE ACERO	m2	15.76	5.32	S/.	83.84	
02.01.05	INSTALACIÓN DE CANALETA DE ALUMINIO.	ml	31.08	5.07	S/.	157.58	
02.01.06							
					S/.	14,621.82	

Imagen 34. Costo final de obra

	COSTO DIRECTO	S/ 76,112.12
OE.01	OBRAS PROVISIONALES	S/ 10,105.17
OE.02	ESTRUCTURAS	S/ 66,006.95
	GASTOS GENERALES	S/ 1,522.24
	Gastos generales fijos (0.2%)	S/ 1,522.24
	UTILIDADES	S/ 7,611.21
	Gastos de utilidades (10%)	S/ 7,611.21
	SUBTOTAL	S/ 85,245.57
	IGV (18%)	S/ 15,344.20
	TOTAL	S/ 100,589.77

ANEXO 8. PANEL FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO

Imagen 35. Área del terreno de la capilla Cristo resucitado



Imagen 36. Ingreso puerta principal de la capilla cristo resucitado



Imagen 37. Vista posterior de la capilla Cristo Resucitado



Imagen 38. Entrada lateral derecha



Imagen 39. Entrada lateral izquierda



Imagen 38. Cubierta de la capilla Cristo Resucitado

